



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 03 401 A 1**

⑤① Int. Cl. 5:  
**B 30 B 15/16**

⑳ Aktenzeichen: P 42 03 401.9  
㉑ Anmeldetag: 6. 2. 92  
㉒ Offenlegungstag: 12. 11. 92

DE 42 03 401 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
02.05.91 JP 130657/91

⑦① Anmelder:  
Yoshizuka Seiki Co., Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP

⑦④ Vertreter:  
Klunker, H., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmitt-Nilson, G.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Hirsch, P., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦② Erfinder:  
Yamamoto, Masao; Tajima, Tukasa; Shirasaki, Siro;  
Katagiri, Takeshi, Kawasaki, Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Steuern einer Pulverformpresse

⑤⑦ Eine Pulverformpresse dient zum Herstellen eines mehrere abgestufte Abschnitte aufweisenden Stufenformteils durch Zusammenpressen von Pulver in einer Form, indem ein oberer Stempelteil, ein unterer Stempelteil mit mehreren, konzentrisch angeordneten unteren Stempeln und die Form relativ zueinander bewegt werden. Dieser Vorgang wird gesteuert, indem ein Geschwindigkeitsverhältnis der Bewegungsgeschwindigkeiten der von zugehörigen Antriebsquellen beim Komprimieren der abgestuften Abschnitte des Formteils angetriebenen oberen und unteren Stempelteile während der Preßzeit von deren Beginn bis zu deren Ende erfaßt wird, die Lagen des oberen und des unteren Stempelteils und der Form festgestellt werden, ein Kompressionsverhältnis der komprimierten Abmessungen der abgestuften Abschnitte des Formteils erfaßt wird und die Antriebsquellen derart gesteuert werden, daß die relativen Bewegungsgeschwindigkeiten des oberen Stempelteils, des unteren Stempelteils und der Form so aufeinander abgestimmt sind, daß die Geschwindigkeitsverhältnisse etwa in Einklang stehen mit dem Kompressionsverhältnis der jeweiligen abgestuften Abschnitte des Formteils.

*Prüfer: X PNo 5-8, 11-14 s. A1,2*  
*mid # : 9: Simulation hub*  
*10: Signal an externe Ventile*

DE 42 03 401 A 1

Die Erfindung betrifft ein Pulverformpreßverfahren, insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern einer Pulverformpresse, mit der abgestufte Formteile hergestellt werden.

Fig. 26 zeigt eine herkömmliche Pulverformpresse, wie sie zum Beispiel in der JP-OS 53-8 08 767 beschrieben ist. Nach Fig. 26 wird in einen Formhohlraum 110 einer in einer Formträgerplatte aufgenommenen Form 101 eingefülltes Pulver von einem oberen Stempelteil 102 und einem unteren Stempelteil 103 zusammengedrückt. Der untere Stempelteil 103 umfaßt einen ersten, einen zweiten und einen dritten unteren Stempel 104, 105 bzw. 106 jeweils zylindrischer Form. Diese sind konzentrisch zueinander angeordnet und dienen zur Formung abgestufter Formteile.

Wie aus Fig. 7 hervorgeht, werden eine Form 100 sowie der erste und der zweite untere Stempel 104 und 105 von einem Luftzylinder angehoben, und in dieser Lage wird Rohmaterialpulver 101 in die Form 100 eingegeben, wie aus Fig. 27A ersichtlich ist. Dann wird durch eine nach unten gerichtete, durch den oberen Stempelteil 102 auf den ersten und den zweiten unteren Stempelteil 104 und 105 aufgebrauchte Druckkraft sowohl der erste als auch der zweite untere Stempel 104 und 105 nach unten bewegt, so daß diese Stempel in Anlage mit einem nicht dargestellten Anschlag gelangen. Auf diese Weise wird der Preßvorgang abgeschlossen. Für jeden der abgestuften Abschnitte 111 ... wird eine Kompressionskraft eingestellt, indem der Luftdruck des Luftzylinders während des Preßvorgangs auf einen geeigneten Wert eingestellt wird.

Ob schon bei der oben beschriebenen bekannten Preßform der Preßvorgang begonnen wird durch den Betrieb des oberen Stempelteils 102, so nimmt, wenn sich der Zustand gemäß Fig. 27B in denjenigen gemäß Fig. 27C ändert, die Dichte eines ersten abgestuften Abschnitts 111 zwischen dem ersten unteren Stempel 104 und dem oberen Stempelteil 102 zu, und gleichzeitig rutscht Pulver des ersten abgestuften Abschnitts 111 zu einem zweiten abgestuften Abschnitt 112 zwischen dem zweiten unteren Stempel 105 und dem oberen Stempelteil 102. Übersteigt die Preßkraft des oberen Stempelteils 102 die Füllkraft des ersten unteren Stempels 104, so bewegen sich der obere Stempelteil 102 und der erste untere Stempel 104 gleichzeitig nach unten, wie in Fig. 27D gezeigt ist. Weiterhin gelangen gemäß Fig. 27E der obere Stempelteil 102 und der erste und der zweite untere Stempel 104 und 105 nach unten in Anlage an dem Anschlag, wodurch der Preßvorgang beendet wird. Bevor der Preßvorgang jedoch abgeschlossen ist, rutscht in dem zweiten abgestuften Abschnitt 112 befindliches Pulver in den dritten abgestuften Abschnitt 113 zwischen einem dritten Stempel 106 und dem oberen Stempelteil 102.

Auf diese Weise erfolgt im Stand der Technik eine Verfestigung des Pulvers, während dieses von dem ersten abgestuften Abschnitt 111 zu dem zweiten abgestuften Abschnitt 112 und dann weiter zu dem dritten abgestuften Abschnitt 113 rutscht, während der Preßvorgang voranschreitet. Als Konsequenz entsteht manchmal ein Riß 114 an der zwischen dem ersten abgestuften Abschnitt 111 und dem zweiten abgestuften Abschnitt 112 gebildeten Ecke sowie in der zwischen dem zweiten abgestuften Abschnitt 112 und dem dritten abgestuften Abschnitt 113 gebildeten Ecke.

Da weiterhin die Fülltiefe auf einer Vorberechnung

beruht und der Hub der Pressung eingestellt werden muß, wird relativ viel Zeit sowie eine hohe Formgenauigkeit erfordert, um qualitativ hochstehende Formteile zu erhalten.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Pulverformpreßverfahren und eine Pulverformpreßvorrichtung anzugeben, die imstande sind, jeden abgestuften Abschnitt eines abgestuften Formteils gleichmäßig zu pressen, um so die Entstehung von Rissen in dem Formteil zu verhindern und eine Einstellung der Fülltiefe und eines Luftdrucks in dem zu der Apparatur gehörigen Luftzylinder zu erübrigen.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die in den Patentansprüchen angegebene Erfindung.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Form und der untere Stempelteil nach unten oder nach oben mit Bewegungsgeschwindigkeiten im Verhältnis zu einer Absenkgeschwindigkeit des oberen Kolbens bewegt, an welchem der obere Stempelteil befestigt ist, und zwar von dem Beginn der Kompressionszeit des oberen Stempelteils an, um die jeweiligen abgestuften Abschnitte des Formteils zu pressen.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Steuern einer Pulverformpresse angegeben, in der ein abgestuftes Formteil mit mehreren abgestuften Abschnitten geformt wird, indem Pulver in einer Form komprimiert wird durch relatives Bewegen eines oberen Stempelteils, eines unteren Stempelteils, der mehrere untere Stempel in konzentrischer Anordnung zueinander aufweist, und der Form, wobei die Vorrichtung aufweist: eine Treibereinrichtung, mit der der obere Stempelteil, der untere Stempelteil und die Form angetrieben und relativ zueinander bewegt werden;

eine Stellungsdetektoreinrichtung zum Erfassen der Stellungen des oberen Stempelteils, des unteren Stempelteils und der Form;

eine Geschwindigkeitsdetektoreinrichtung zum Erfassen der Bewegungsgeschwindigkeiten des oberen Stempelteils, des unteren Stempelteils und der Form während der Zeit des Zusammendrückens der jeweiligen abgestuften Abschnitte des Formteils innerhalb einer Zeitspanne zwischen dem Beginn und dem Ende des Preßvorgangs; und

eine Steuereinrichtung zum Steuern der Treibereinrichtung, um die relativen Bewegungsgeschwindigkeiten des oberen Stempelteils, des unteren Stempelteils und der Form derart zu steuern, daß die Geschwindigkeitsverhältnisse des oberen und des unteren Stempelteils im wesentlichen im Einklang stehen mit einem Kompressionsverhältnis der Kompressionsabmessungen der einzelnen abgestuften Abschnitte des Formteils.

In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Steuereinrichtung einen Rechner mit einer Berechnungseinheit zum Berechnen der Stellungen und der Bewegungsgeschwindigkeiten der unteren Stempel sukzessive und in Abhängigkeit von Signalen, die von der Positionsdetektoreinrichtung und der Geschwindigkeitsdetektoreinrichtung kommen. Eine Speichereinheit speichert Sollwerte für die jeweiligen unteren Stempel, welche vorab nach Maßgabe der Abmessungen der abgestuften Abschnitte des Formteils sowie abhängig von Fülltiefen des Pulvers in den abgestuften Abschnitten. Eine Vergleichereinheit vergleicht die Sollgeschwindigkeiten mit den berechneten Geschwindigkeiten, wobei das Vergleichsergebnis zu der Treibereinrichtung übertragen wird, um Differenzen in dem Vergleichsergebnis

zu kompensieren.

Die Erfindung schafft also ein Verfahren zum Steuern einer Pulverformpresse, mit der abgestufte Formteile hergestellt werden, indem ein oberer Stempelteil, ein unterer Stempelteil, welcher mehrere untere Stempel umfaßt, und eine Form sich relativ zueinander bewegen, um in der Form befindliches Pulver zu komprimieren. Die Preßsteuerung kann wirksam für jeden abgestuften Abschnitt des Formteils dadurch erfolgen, daß die Form und der untere Stempelteil dazu gebracht werden, sich mit einer Geschwindigkeit eines oberen Kolbens nach unten zu bewegen, nachdem das Pressen durch den oberen Stempelteil begonnen hat. Die Preßsteuerung kann für jeden abgestuften Abschnitt des Formteils dadurch erfolgen, daß der untere Formteil dazu gebracht wird, sich mit einer Geschwindigkeit nach oben zu bewegen, die proportional zu der Aufwärtsgeschwindigkeit des oberen Kolbens ist, nachdem das Pressen durch den oberen Stempelteil begonnen hat.

Da in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Steuern des Pulverformpreßverfahrens jeder abgestufte Abschnitt des Formteils durch die Stempelteile mit einem Geschwindigkeitsverhältnis gebildet wird, welches dem Verhältnis der Kompressionsabmessungen entspricht, werden sämtliche abgestuften Abschnitte hinsichtlich des Kompressionsgrades des Pulvers in jedem einzelnen Abschnitt des Preßformvorgangs gleichmäßig komprimiert. Deshalb bewegt sich das Pulver auch nicht in den abgestuften Abschnitten, so daß das Produkt gleichförmig gebildet wird. Weiterhin wird jeder der Stempelteile sowie die Form so gesteuert, daß diese Teile durch unabhängig voneinander gesteuerte Antriebsquellen angetrieben wird.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Skizze einer Folge von Preßschritten, wenn ein Rückzugsverfahren zum Steuern einer Pulverformpresse gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird; speziell zeigen

Fig. 1A eine Seitenansicht eines wesentlichen Teils der Pulverformpresse während eines Pulverfüllschritts, Fig. 1B ebenfalls eine Schnittansicht eines Abschnitts ähnlich wie Fig. 1A zu Beginn des Preßvorgangs, Fig. 1C eine Ansicht eines Zwischenschritts beim Preßvorgang, Fig. 1D eine Ansicht eines Schritts bei Beendigung des Preßvorgangs, und Fig. 1E eine Ansicht eines Schritts, wenn die Pulverformpresse zurückgezogen wird;

Fig. 2A – 2C Schnittansichten von Beispielen für Pulverformteile;

Fig. 3A – 3E Längsschnittansichten eines wesentlichen Abschnitts einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei eine Reihe von Preßschritten dargestellt ist, bei denen die vorliegende Erfindung auf ein Doppelpreßverfahren angewendet wird;

Fig. 4A – 4C Längsschnittansichten eines wesentlichen Abschnitts einer Ausführungsform der Erfindung, wobei eine Folge von Preßschritten für den Fall gezeigt ist, daß die Erfindung auf Rückziehverfahren angewendet wird und eine abgestufte Form eingesetzt wird;

Fig. 5 eine Prinzipdarstellung des Aufbaus einer Pulverformpresse;

Fig. 6A – 6F Prinzipskizzen, die Beispiele für den Preßmechanismus der Pulverformpresse veranschaulichen;

Fig. 7 eine Längsschnittansicht durch eine spezielle

Pulverformpresse, bei der die Steuerung der Preßschritte gemäß Fig. 1 ausgeführt wird;

Fig. 8 eine Querschnittansicht entlang der Linie VIII-VIII in Fig. 7;

Fig. 9 eine Querschnittansicht entlang der Linie IX-IX in Fig. 7;

Fig. 10 eine Querschnittansicht entlang der Linie X-X in Fig. 7;

Fig. 11 eine Querschnittansicht entlang der Linie XI-XI in Fig. 7;

Fig. 12 eine Querschnittansicht entlang der Linie XII-XII in Fig. 7;

Fig. 13 eine Querschnittansicht entlang der Linie XIII-XIII in Fig. 7;

Fig. 14, 15 und 16 Längsschnittansichten einer Pulverformpresse in verschiedenen Schritten oder Zuständen;

Fig. 17A – 17B eine Reihe von Pulverformpreßschritten;

Fig. 18 ein Blockdiagramm eines Steuersystems zum Steuern der Stempelschritte;

Fig. 19 ein Blockdiagramm eines Systems, welches zu dem Steuersystem nach Fig. 18 gehört;

Fig. 20 eine grafische Darstellung eines Hubdiagramms der Preßschritte nach Fig. 1, wobei ein oberer Stempelteil vorübergehend angehalten wird;

Fig. 21 eine grafische Darstellung eines Hubdiagramms des Preßschritts nach Fig. 3, wobei der obere Stempelteil vorübergehend angehalten ist;

Fig. 22 eine grafische Darstellung eines Hubdiagramms des Preßschritts nach Fig. 4, wobei der obere Stempelteil vorübergehend angehalten ist;

Fig. 23 ein Blockdiagramm eines Beispiels für eine Steueranordnung zum Realisieren der Preßschritte nach den Fig. 20 – 22;

Fig. 24 eine Längsschnittansicht einer modifizierten Variante der Presse nach Fig. 7;

Fig. 25 eine Längsschnittansicht einer weiteren Modifizierung der Presse nach Fig. 7;

Fig. 26 eine Längsschnittansicht zum Veranschaulichen einer herkömmlichen Pulverformpresse; und

Fig. 27A – 27E Längsschnittansichten eines wesentlichen Teils der herkömmlichen Pulverformpresse.

Im folgenden wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 25 näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Formverfahren gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Das Formverfahren erfolgt durch Zusammendrücken oder Komprimieren von Pulver 3, welches in eine Matrize 1 eingefüllt wird, die als Metallform dient, wozu ein oberer Stempelteil 4 und ein unterer Stempelteil 10 vorgesehen sind. Bei dieser Ausführungsform erfolgt das Komprimieren durch ein Rückziehverfahren, bei welchem die Matrize 1 zusammen mit der Abwärtsbewegung des oberen Stempelteils 4 nach unten bewegt wird. Der untere Stempelteil 10 enthält einen ersten unteren Stempel 11, einen zweiten unteren Stempel 12 und einen dritten unteren Stempel 13, die voneinander getrennt konzentrisch angeordnet sind. Der erste untere Stempel 11 befindet sich in der Außenlage und bildet im Verein mit dem oberen Stempelteil 4 durch Zusammendrücken den ersten abgestuften Abschnitt W1 des Formteils W. Der zweite untere Stempel 12 befindet sich zwischen dem ersten unteren Stempel 11 und dem dritten unteren Stempel 13 und bildet im Verein mit dem oberen Stempelteil 4 unter Druck den zweiten abgestuften Abschnitt W2 des Formteils W. Der dritte untere Stempel 13 befindet sich im Mittelbereich und formt im Verein mit dem oberen

Stempelteil 4 unter Druck den dritten abgestuften Abschnitt W3 des Formteils W. Bei der Pulververformung beträgt die vertikale Kompression etwa die Hälfte der Kompression des üblichen Verfahrens. Zum Vereinfachen der Erläuterung der Abmessungen des Formteils W sei die Gesamthöhe von dem ersten abgestuften Abschnitt W1 bis zu dem dritten abgestuften Abschnitt W3 mit 3h bezeichnet, während die Höhe von dem zweiten abgestuften Abschnitt W2 bis zu dem dritten abgestuften Abschnitt W3 mit 2h und die Höhe des dritten abgestuften Abschnitts W3 mit h bezeichnet wird. Wie in Fig. 1A gezeigt, wird hinsichtlich der Fülltiefe des zu komprimierenden Pulvers die Höhe der Oberfläche 1A der Matritze 1 in Bezug auf den dritten unteren Stempel 13 auf 6h eingestellt, und die Höhe bzw. Tiefe des zweiten unteren Stempels 13 wird auf 2h eingestellt. Wie aus Fig. 1B hervorgeht, wird der obere Stempelteil 4 nach unten bewegt, und wenn er die Höhe der Oberseite 1A erreicht oder er geringfügig in die Matritze 1 eingetreten ist und der Preßvorgang begonnen wird, wird der obere Stempelteil 4 um ein Stück nach unten bewegt, welches dem Wert 3h entspricht, während der dritte untere Stempel 13 in einer ortsfesten Position verbleibt, der erste untere Stempel 11 um 2h nach unten bewegt wird und der zweite untere Stempel 12 um 1h nach unten bewegt wird, wie in Fig. 1D gezeigt ist. Die Matritze 1 ist derart ausgebildet, daß sie zusammen mit dem oberen Stempelteil 4 von dem Zeitpunkt an nach unten bewegt wird, zu dem der primäre Preßvorgang durch den oberen Stempelteil 4 abgeschlossen ist.

Fig. 2A bis 2C zeigen Beispiele verschiedener stufenförmiger Preßformteile, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt sind. Fig. 2A zeigt ein abgestuftes zylindrisches Formteil mit einem großen, einem mittelgroßen und einem kleinen Scheibenabschnitt, die in zwei Stufen konzentrisch nach unten gestapelt sind. Das Formteil besitzt einen ersten, einen zweiten und einen dritten abgestuften Abschnitt W1, W2 und W3 in der Reihenfolge von oben nach unten. In diesem Sinn können die in Fig. 1 dargestellten Schritte die Bildung des Formteils nach Fig. 2A darstellen. Fig. 2B zeigt ein Produkt mit einem fünften und einem vierten abgestuften Abschnitt W5 und W4 in der Reihenfolge von oben nach unten, wobei die Abschnitte zusätzlich zu dem in Fig. 2A dargestellten Formteil vorhanden sind. Fig. 2C zeigt ein Formteil mit einem abgestuften Ausnehmungsabschnitt W6.

Bei dieser Ausführungsform ist das Verhältnis der Bewegungsgeschwindigkeit des oberen Stempelteils 4 bezüglich der Geschwindigkeiten des ersten und des zweiten unteren Stempels 11 und 12 im wesentlichen so einzustellen wie das Verhältnis des Kompressionsmaßes jedes der zuletzt abgestuften Abschnitte W1, W2 und W3. D.h., es wird das folgende Verhältnis eingestellt:  $VA:VB:VC=3:2:1$ , wenn die Geschwindigkeiten des oberen Stempelteils 4, des ersten unteren Stempels 11 und des zweiten unteren Stempels 12 mit VA, VB bzw. VC bezeichnet werden; denn der erste abgestufte Abschnitt W1, der zweite abgestufte Abschnitt W2 und der dritte abgestufte Abschnitt W3 werden schließlich um die Beträge 1h, 2h bzw. 3h zusammengepreßt. Das Geschwindigkeitsverhältnis allerdings kann auf einen vorbestimmten Wert eingestellt werden, so daß ein optimaler Preßzustand geschaffen werden kann, zusätzlich zu der obigen Maßnahme, bei der das Geschwindigkeitsverhältnis genauso eingestellt wird wie das Verhältnis der Kompressionsstärke.

Wenn man VC als Bezugsgröße v hernimmt, ergibt

sich  $VA=3v$ ;  $VB=2v$  und  $VC=v$ . Dann läßt sich das Ausmaß der Kompression in jedem abgestuften Abschnitt mit dem Verlauf der Zeit t(s) folgendermaßen ausdrücken: für den ersten abgestuften Abschnitt W1,  $VA-VB \times t=vt$ ; für den zweiten abgestuften Abschnitt W2,  $VA-VC \times t=2vt$ ; und für den dritten abgestuften Abschnitt W3,  $VA \times t=3vt$ .

Betrachtet man das Ausmaß der Kompression zu dieser Zeit, so ergibt sich für den ersten abgestuften Abschnitt W1 ein Wert  $vt/6h-4h=vt/2h$ ; für den zweiten abgestuften Abschnitt W2 ergibt sich ein Wert  $2vt/(6h-2h)=2vt/4h=vt/2h$ ; und für den dritten abgestuften Abschnitt W3 ergibt sich  $2vt/6h=vt/2h$ . Das Ausmaß der Kompression ist überall das gleiche. Demzufolge werden der erste, der zweite und der dritte abgestufte Abschnitt W1, W2 und W3 während sämtlicher Preßzustände vom Beginn des Preßvorgangs an bis zu dessen Abschluß zu einer gleichmäßigen Dichte gepreßt. Da im Gegensatz zum Stand der Technik das Pulver wegen der Differenz der Preßzustände in den abgestuften Abschnitte W1, W2 und W3 sich nicht bewegt, läßt sich ein in seiner Struktur gleichmäßiger Pulverpreßformkörper herstellen. Da eine gleichförmige Pressung erzielbar ist, können nach einer allgemeinen Regel berechnete Werte für die Fülltiefen der abgestuften Abschnitte W1, W2 und W3 verwendet werden. Die Einstellung der Maschine gestaltet sich daher einfach.

Fig. 3A bis 3E zeigen ein Preßverfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Gemäß diesen Figuren wird im Gegensatz zu dem oben erläuterten Ausführungsbeispiel ein Doppelpreßverfahren angewendet, bei dem die Matritze 1 feststeht. Das Formteil W' ist ein zylindrisches Formteil mit lediglich zwei Stufen aus einem ersten abgestuften Abschnitt W1' und einem zweiten abgestuften Abschnitt W2'. Das Formteil W' wird unter Druck durch den ersten und den zweiten unteren Stempel 11' bzw. 12' und den oberen Stempelteil 4 geformt.

Wenn in diesem Fall die Geschwindigkeiten des oberen Stempelteils 4, des ersten unteren Stempels 11 und des zweiten unteren Stempels 12 mit VA', VB' bzw. VC' bezeichnet werden, so sollte das folgende Verhältnis eingestellt werden:  $VA':VB':VC'=1:0:1$ .

In der gleichen Weise, wie sie oben erläutert wurde, sollte das vorbestimmte Bewegungsgeschwindigkeitsverhältnis während sämtlicher Preßstufen zwischen dem Zeitpunkt, zu dem der obere Stempelteil 4 die Oberseite 1A der Matritze erreicht hat oder geringfügig in die Matritze eingetreten ist, bis zum Abschluß des Preßvorgangs, gesteuert werden.

Bei dieser Ausführungsform wird angenommen, daß das Ausmaß der Kompression die Hälfte des Ausmaßes beim üblichen Verfahren beträgt. Wenn die Höhe eines Formteils des ersten abgestuften Abschnitts W1' mit 2h bezeichnet wird, beträgt die Füllhöhe für den ersten abgestuften Abschnitt W1' dann 2h und diejenige für den zweiten abgestuften Abschnitt W2' 4h. Unter der Voraussetzung  $VA'=VC'=v$ , beträgt nach einem Verstreichen der Zeit t (2) nach dem Beginn des Preßvorgangs das Ausmaß der Kompression des ersten abgestuften Abschnitts W1' dann  $vt/2h$ , und dasjenige für den zweiten abgestuften Abschnitt W2' entsprechen  $2vt/4h=vt/2h$ . Mithin werden die Abschnitte stets mit einem konstanten Kompressionshub gepreßt.

Im folgenden soll ein einstufiges Formteil W'' erläutert werden. Hierzu zeigen die Fig. 4A bis 4C ein Preßverfahren gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung. Die Figuren veranschaulichen den Fall, daß ei-

ne abgestufte Matritze 1 verwendet wird, obschon auch ein Rückziehverfahren angewendet werden könnte. Bei dieser Ausführungsform gibt es einen unteren Stempelteil 10". Ein zweiter abgestufter Abschnitt W2" wird zwischen dem unteren Stempelteil 10" und dem oberen Stempelteil 4 komprimiert. Ein erster abgestufter Abschnitt W" wird zwischen einem abgestuften Abschnitt 1B der Matritze 1 und dem oberen Stempelteil 4 zusammengepreßt.

Wenn in diesem Fall die Bewegungsgeschwindigkeit des oberen Stempelteils 4 mit VA" und diejenige der Matritze 1 mit VB" bezeichnet wird, während die Bewegungsgeschwindigkeit des unteren Stempelteils 10" mit VC" bezeichnet wird, sollte das folgende Verhältnis eingestellt werden:  $VA'' : VB'' : VC'' = 2 : 1 : 0$  (fest).

Bei dieser Ausführungsform wird weiterhin angenommen, daß die Pressung um die Hälfte gegenüber der Pressung beim üblichen Verfahren beträgt. Wenn die Höhe eines Formteils des ersten abgestuften Abschnitts W1" mit h und diejenige des zweiten abgestuften Abschnitts W2" mit 2h bezeichnet wird, soll die Füllhöhe oder Füllhöhe des ersten abgestuften Abschnitts mit 2h und diejenige des zweiten abgestuften Abschnitts W2" mit 4h bezeichnet werden. Wenn man annimmt, daß die Geschwindigkeiten  $VA'' = 2v$  und  $VB'' = 0v$  betragen, beträgt das Ausmaß der Kompression für den ersten abgestuften Abschnitt W1" nach einer verstrichenen Zeit t (s) nach dem Beginn der Pressung  $vt/2h$ , und das Ausmaß der Pressung für den zweiten abgestuften Abschnitt W2" dann  $(VA'' - VC'')/4h = 2vt/4h = vt/2h$ . Damit erfolgt stets eine Pressung mit konstantem Kompressionsmaß.

Auf diese Weise wird in einer Ausnehmung der Matritze befindliches Pulver komprimiert, indem der obere Stempelteil 4, die unteren Stempel und die als Metallform dienende Matritze relativ zueinander bewegt werden, wodurch Formteile entstehen. Die Bezeichnung "Relativbewegung" bezieht sich hier auf sämtliche Verfahren, bei denen der obere Stempelteil, die unteren Stempel und die Matritze wie bei der ersten Ausführungsform sämtlich bewegt werden, ferner gilt die Bezeichnung für den Fall, daß die Matritze feststeht und der obere und der untere Stempel wie bei der zweiten Ausführungsform bewegt werden. Außerdem gilt die Bezeichnung für den Fall, daß die unteren Stempel feststehen und die Matritze sowie der obere Stempelteil gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel bewegt werden.

Wenn der obere Stempel oder die unteren Stempel getrennt sind, auch dann, wenn jedes Teil fixiert ist, so wird eine Relativbewegung insoweit veranlaßt, als die anderen Bauteile bewegt werden. Selbstverständlich wird auch hier die Bedingung der "Relativbewegung" im Rahmen der vorliegenden Erfindung erfüllt.

Obschon bei jeder der oben beschriebenen Ausführungsformen die Oberseite des Formteils flach ist, können auch solche Formteile geformt werden, die in zwei Richtungen abgestuft sind, wie dies in Fig. 2B gezeigt ist, wenn der obere Stempelteil unabhängig in gleicher Weise ausgebildet ist wie die unteren Stempel, wobei die Oberseite des oberen Formteils eine abgestufte Gestalt aufweist und der Preßvorgang gesteuert wird. Außerdem können die abgestufte Matritze 1 nach Fig. 4 und die getrennten Stempel kombiniert werden, um den Preßvorgang zu steuern. Die Steuerung des Preßvorgangs kann verschiedene Ausmaße annehmen. Fig. 5 zeigt eine konzeptmäßige Darstellung des Aufbaus einer Pulverformpresse, die den Formschritten nach

Fig. 1 entspricht. Der obere Stempelteil 4 wird von einem oberen Stempelantriebsmechanismus 200 vertikal angetrieben. Der erste, der zweite und der dritte untere Stempel 11, 12 und 13 werden in vertikaler Richtung durch einen ersten, zweiten und dritten Unterstempel-Antriebsmechanismus 201, 202 bzw. 203 angetrieben. Die Matritze 1 wird in vertikaler Richtung von einem Matritzenantriebsmechanismus 204 angetrieben.

Der obere Stempelantriebsmechanismus 200, der erste, der zweite und der dritte Unterstempelantriebsmechanismus 201, 202 und 203 und der Matritzenantriebsmechanismus 204 sind an eine Antriebssteuereinrichtung 205 angeschlossen. Der obere Stempelteil 4, der erste, der zweite und der dritte untere Stempel 11, 12 und 13 und die Matritze 1 werden derart angetrieben und gesteuert, daß die Bewegungsgeschwindigkeits-Verhältnisse beim Pressen der abgestuften Abschnitte W1, W2 und W3 im wesentlichen die gleichen Verhältnisse sind wie die Kompressionsverhältnisse der komprimierten Abmessungen der abgestuften Abmessungen W1, W2 und W3 des fertigen Formteils W.

Diese Steuerung erfolgt in der Weise, daß die Positionen der Matritze 1, des oberen Stempelteils 4 und des ersten, des zweiten und des dritten unteren Stempels 11, 12 und 13 jederzeit mit Hilfe von Positionsdetektoreinrichtung 210, 211, 212, 213 und 214 überwacht werden. Die erfaßten Werte werden zu der Antriebssteuereinrichtung 205 zurückgeführt.

Wie in Fig. 6 gezeigt ist, können für jeden der Antriebsmechanismen 200, 202, 203 und 204 verschiedene Antriebsarten vorgesehen werden, zum Beispiel ein Mechanismus zum Antreiben von Fluiddruckzylindern, zum Beispiel Hydraulikzylindern, sowie Schrauben wie beispielsweise Kugelschrauben, ein Kurbelmechanismus oder dergleichen.

Fig. 6A und 6B zeigen schematische Darstellungen der Presse, wenn ein Fluiddruckzylinder 300 verwendet wird, der mit Hilfe eines Servoventils 300a gesteuert wird.

Fig. 6C und 6D zeigen ebenfalls konzeptmäßige Darstellungen für den Fall, daß ein Schraubenantriebsmechanismus eingesetzt wird, bei welchem die Drehbewegung eines Servomotors 302 über ein Getriebe 303 und eine Mutter 304 umgesetzt wird in eine Linearbewegung einer Gewindespindel 305.

Fig. 6E und 6F zeigen ebenfalls schematische Anordnungen bei der Verwendung eines Kurbelmechanismus 306, wobei die Drehbewegung eines Servomotors 308 über eine Kurbelwelle 307 und eine Verbindungsstange 310 in eine Linearbewegung eines Kolbens 309 umgesetzt wird.

Fig. 7 bis 19 zeigen einen speziellen Aufbau einer Vorrichtung zum Steuern einer Pulverformpresse gemäß der Erfindung. Die Vorrichtung läßt sich für verschiedene Preßverfahren verwenden, so zum Beispiel für das oben erwähnte Rückzieh- und Doppelpreßverfahren. Im folgenden soll als Beispiel der Fall beschrieben werden, daß das Formteil W nach dem Rückziehverfahren gemäß Fig. 4 formgepreßt wird.

Ein in den Figuren dargestellter Werkzeugsatz T enthält eine Matritze 1 mit einem Loch 2 und den oberen und den unteren Stempelteil 4 bzw. 10 zum Zusammenpressen des in das Matritzenloch 2 eingefüllten Rohmaterialpulvers 3. Der obere Stempelteil 4 ist an einem oberen Kolben 5 montiert. Die Vertikalbewegung des oberen Kolbens 5 veranlaßt, daß der obere Stempelteil 4 in das Matritzenloch 2 eingefahren wird, um das Pulver 3 zu komprimieren. Der untere Stempelteil 10 um-

faßt den ersten, den zweiten und den dritten zylindrischen unteren Stempel 11, 12 und 13, die um eine Kernstange 6 herum konzentrisch angeordnet sind.

Der erste untere Stempel 11 ist in einer extremen Außenlage der Stempel über einen ersten Stempeladapter 21 mit einer ersten beweglichen Stempelplatte 31 verbunden, die sich in nächster Nähe einer Matritzenplatte 30 befindet. Der zweite untere Stempel 12, der von außen gesehen die zweite Stellung einnimmt, ist über einen zweiten Stempeladapter 22 mit einer zweiten Stempelplatte 32 verbunden. Der von außen dritte untere Stempel 13 ist über einen dritten Stempeladapter 23 an einer festen Platte 33 fixiert, die als von der Matritzenplatte 30 am weitesten entfernte Stempelplatte dient und an einem Pressenhauptkörper 7 fixiert ist.

Eine die Matritzenplatte 30 und ein Niederziehloch 34 verbindende Stange 8 ist durch die erste und die zweite Stempelplatte 31 und 32 und die feststehende Platte 30 mittels einer Hülse 90 geführt, so daß die Platten 31, 32 und 33 hin- und herbewegbar sind. Der erste und der zweite untere Stempel 11 und 12 werden betätigt durch einen ersten bzw. einen zweiten Hydraulikzylinder 40 und 50. Der erste und der zweite Hydraulikzylinder 40 und 50 sind in Reihe zueinander angeordnet und sind konzentrisch mit dem ersten bzw. dem zweiten Stempel 11 und 12 verbunden.

Der erste Hydraulikzylinder 40 befindet sich zwischen der ersten Stempelplatte 31 und der zweiten Stempelplatte 32. Der zweite Hydraulikzylinder 50 befindet sich zwischen der feststehenden Platte 33 und der zweiten Stempelplatte 32. Die Hydraulikzylinder 40 und 50 sind miteinander über Pfosten 60 verbunden.

Der erste und der zweite Hydraulikzylinder 40 und 50 haben die Form einer Ringhülse und werden in ihrer Mittelachse von Löchern 44 bzw. 54 durchsetzt. Der zweite untere Stempel 12 ist mit der zweiten Stempelplatte 32 einer nachfolgenden Stufe des zweiten Stempeladapters 22 verbunden, der in das Durchgangsloch 44 des ersten Hydraulikzylinders 40 einer dicht bei der Matritze 1 liegenden vorausgehenden Stufe eingesetzt ist. Bei dieser Ausführungsform ist der zweite Stempeladapter 22 hin- und herbeweglich und gegenüber Flüssigkeiten abgedichtet in das Durchgangsloch 44 eingesetzt.

Der erste Hydraulikzylinder 40 besitzt ein Zylinderrohr 41 und einen Kolben 42 als bewegliches Element, welches durch Öldruck hin- und herbewegt wird und in das Zylinderrohr eingesetzt ist. Eine Kolbenstange 43 ist einstückig mit dem Kolben 42 ausgebildet und steht mit der ersten Stempelplatte 31 in Verbindung. Die Kolbenstange 43 sitzt gleitend in einer Wellenführung 41A, die auf einer der Stirnwände 411 des Zylinderrohrs 41 angeordnet ist. Das Durchgangsloch 44 ist derart ausgebildet, daß es die andere Stirnwand 412 des Zylinderrohrs 41, die Kolbenstange 43 und den Kolben 42 durchsetzt.

Der zweite Hydraulikzylinder 50 enthält ein Zylinderrohr 51 und als bewegliches Element einen Kolben 52. Ein Ende einer Kolbenstange 53 ist mit der zweiten Stempelplatte 32 verbunden. Die Kolbenstange 53 sitzt gleitend in einer Wellenführung 51A an einer Stirnwand 511 des Zylinderrohrs 51. Das Durchgangsloch 54 ist derart ausgebildet, daß es durch die Kolbenstange 53 und den Kolben 52 hindurchläuft. Die feste Platte 33 dient außerdem als weitere Stirnwand 511 des Zylinderrohrs 51.

Der dritte untere Stempel 13 ist über den dritten Stempeladapter 23 an der festen Platte 33 fixiert. Der dritte Stempeladapter 23 ist hin- und herbeweglich und abgedichtet in das Durchgangsloch 54 des zweiten Hy-

draulikzylinders 50 und den Adapter 22 eingesetzt. Außerdem befindet sich im Inneren des dritten Stempeladapters 23 ein Durchgangsloch 231. Die Kernstange 6 und ein Kernstangenhalter 6A sitzen in dem Durchgangsloch 231.

Von den Kolbenstangen 43 und 53 abgewandte hohle Führungswellen 45 und 55 sind einstückig an dem ersten bzw. dem zweiten Hydraulikzylinder 40 und 50 angeordnet. Führungswellenlöcher 41B und 51B sind an den Stirnwänden 412 und 512 auf der den Stirnwänden 411 und 511 mit den Wellenführungslochern 41A und 51A der Zylinderrohre 41 und 51 gegenüberliegenden Seite angeordnet. Die Führungswellen 45 und 55 sind gleitend in die Führungswellenlöcher 41b bzw. 51b eingesetzt.

Gemäß obiger Beschreibung haben der erste und der zweite Hydraulikzylinder 40 und 50 Doppelwellenstruktur. Wenn die Kolben 42 und 52 gleitend in die Führungswellenlöcher 41B und 51B eingesetzt sind, die sich in Gegenrichtung bezüglich der Kolbenstangen 43 und 53 erstrecken, und die Kolben weiterhin an Stirnwänden 412 und 512 der Zylinderrohre 41 bzw. 51 anliegen, läßt sich die Konzentrität zwischen den Stangen 43 und 53 und den Zylinderrohren 40 und 50 erhöhen, so daß die Betriebsgenauigkeit des ersten sowie des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 verbessert wird.

Wenn Pulver in die Lücke zwischen dem ersten und dem zweiten unteren Stempel 11 und 12 gelangt, besteht die Gefahr, daß sich das Pulver mit dem Betriebsöl im Inneren des Zylinderrohrs 41 des ersten Hydraulikzylinders 40 über die zwischen den gleitenden Flächen des zweiten Stempeladapters 22 und der hohlen Stange 43 und dem Kolben 42 des ersten Hydraulikzylinders 40 gebildete Lücke vermischt. Wenn jedoch die hohle Führungs-welle 45 in der oben erläuterten Weise ausgebildet und angeordnet ist, fällt das Pulver außerhalb des ersten Hydraulikzylinders 40 durch den Gleitabschnitt zwischen der hohlen Führungs-welle 45 und dem zweiten Stempeladapter 22 herab, so daß die Gefahr des Eintritts von Pulver in den ersten Hydraulikzylinder 40 beseitigt ist.

Das in die Lücke zwischen dem zweiten und dem dritten unteren Stempel 12 und 13 eintretende Pulver bringt die Gefahr mit sich, daß sich das Pulver mit dem Betriebsöl innerhalb des Zylinderrohrs 51 des zweiten Hydraulikzylinders 50 vermischt, indem es durch die Lücke zwischen den Gleitflächen des dritten Stempeladapters 23 und der hohlen Stange 53 und dem Kolben 52 des zweiten Hydraulikzylinders 50 gelangt. Wenn allerdings die hohle Führungs-welle 55 in der oben beschriebenen Weise angeordnet wird, fällt das Pulver außerhalb des zweiten Hydraulikzylinders 50 nach unten, und zwar durch den Gleitabschnitt zwischen der hohlen Führungs-welle 55 und dem dritten Stempeladapter 24, so daß die Gefahr des Eintritts von Pulver in den zweiten Hydraulikzylinder 50 ausgeschaltet ist.

Da gemäß obiger Beschreibung kein Risiko besteht, daß Pulver sich mit dem Betriebsöl vermischt, läßt sich der Gleitwiderstand praktisch auf Null reduzieren, indem man eine geeignete Lücke zwischen dem ersten Stempeladapter 21 und der Adapteraufnahme-fläche in dem Durchgangsloch 44 des ersten Hydraulikzylinders 40 sowie zwischen dem zweiten Stempeladapter 22 und der Adapteraufnahme-fläche des Durchgangslochs 54 des zweiten Hydraulikzylinders 50 ausbildet.

Die Fig. 14 bis 17 zeigen Formpreßverfahren in Verbindung mit der in Fig. 7 dargestellten Formpresse. Fig. 14 und Fig. 17A veranschaulichen den Füllvorgang. In diesen Figuren steigt der obere Kolben 5 an, um den

oberen Stempelteil 4 über das Matrizenloch 2 anzuheben. Die Matrizenplatte 30 wird von dem Absenkjoch 34 und einem unteren Kolben 35 in eine Füllposition gebracht. Der erste und der zweite untere Stempel 11 und 12 werden von dem ersten bzw. dem zweiten Hydraulikzylinder 40 und 50 in eine Füllstellung gebracht.

Fig. 15 und 17 zeigen einen Zustand, in welchem der obere Stempelteil 4 nach unten bewegt ist, wodurch das Pulver um ein vorbestimmtes Maß komprimiert wird, während der erste und der zweite untere Stempel 11 und 12 in vorbestimmten Positionen sind, gemäß denen der Preßvorgang abgeschlossen ist. Fig. 16 und 17F zeigen einen Zustand, in welchem der obere Stempelteil 4 nach oben bewegt und die Matrizenplatte 30 sowie der erste und der zweite untere Stempel 11 und 12 nach unten bewegt sind (siehe Fig. 17D und 17E) und eine Stellung einnehmen, in der das Formteil W zurückgezogen ist.

Die oben beschriebenen Vorgänge werden gesteuert von einer Antriebssteuereinrichtung 70, die beispielsweise aus einer Kombination einer Positionsdetektoreinrichtung 71, zum Beispiel einem Linearsensor, einem Rechner 72, einem hydraulischen Durchflußsteuerventil 73 und einer Hydraulikquelle 77 besteht, wie in Fig. 18 gezeigt ist.

Der obere Stempelteil 4 wird von dem oberen Kolben 5 angetrieben, wobei dieser Antrieb durch eine Steuerkurve des Pressenhauptkörpers oder durch einen Hydraulikzylinder erfolgt. Die Matrizenplatte 30 wird von einem unteren Kolben 35 angetrieben, mit welchem das Absenkjoch 34 betätigt wird. Die Matrizenplatte 30 wird von einer Steuerkurve am Pressenhauptkörper, einem Hydraulikzylinder oder dergleichen gesteuert. Bei dieser Ausführungsform wird die Bewegungsgeschwindigkeit der Matrizenplatte 30 in Bezug zu der Geschwindigkeit des oberen Stempelteils 4 dadurch bestimmt, daß die Geschwindigkeiten des ersten und des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 gesteuert werden.

Die Positionsdetektoreinrichtung 71 erfaßt die Stellungen der ersten und der zweiten Stempelplatte 31 und 32. Die Einrichtung 71 ist zwischen der festen Platte 33 und der ersten Stempelplatte 31 sowie zwischen der festen Platte 33 und der zweiten Stempelplatte 32 befestigt. Die Stellungen der ersten und der zweiten Stempelplatte 31 bzw. 32 bezüglich der festen Platte 33 werden umgesetzt in elektrische Signale, die dann erfaßt werden.

Der Rechner 72 enthält eine Recheneinheit 74, die fortlaufend die Positionen und die Geschwindigkeiten des ersten und des zweiten unteren Stempels 11 und 12 auf der Grundlage der von der Positionsdetektoreinrichtung 71 erfaßten Signale berechnet, der Rechner enthält weiterhin einen Speicher 25, in welchem Soll- oder Zielgeschwindigkeiten für den ersten und den zweiten unteren Stempel 11 und 12 gespeichert sind. Diese wurden zuvor auf der Basis der Abmessungen des abgestuften Abschnitts W1... des Formteils W und der Fülltiefe des Pulvers berechnet, eingegeben und abgespeichert. Der Rechner enthält außerdem eine Vergleichereinheit 75, die die Sollbewegungsgeschwindigkeiten mit den berechneten Geschwindigkeiten vergleicht und ein Vergleichssignal für das Durchflußsteuerventil 73 des ersten und des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 erzeugt, um die Differenz zwischen den Sollgeschwindigkeiten und den errechneten Geschwindigkeiten auszugleichen.

Auf diesen Weise wird durch Steuern der jeweiligen Bewegungsgeschwindigkeiten des ersten und des zwei-

ten Hydraulikzylinders 40 und 50 derart, daß jede Bewegungsgeschwindigkeit ein konstantes Verhältnis bezüglich der Geschwindigkeit des oberen Stempelteils 4 aufweist, während der erste und der zweite untere Stempel 11 und 12 hydraulisch angetrieben werden, die Steuerung des Zusammenpressens bei dieser Ausführungsform mit einer relativ einfachen Apparatur realisiert. Die jeweiligen Bewegungsgeschwindigkeiten des ersten und des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50, die in dem Speicher 75 abgespeichert sind, sind nicht auf konstante Bewegungsgeschwindigkeiten beschränkt. Es ist lediglich notwendig, daß die jeweiligen Geschwindigkeiten des ersten und des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 so bestimmt werden, daß ein konstantes Verhältnis zu der Bewegungsgeschwindigkeit des oberen Stempelteils 4, d. h. des oberen Kolbens 5 gegeben ist. In einer mechanischen Presse, in der eine Steuerkurve verwendet wird, müssen die jeweiligen Geschwindigkeiten als Geschwindigkeitsmuster in Form von Sinuswellen ähnlich wie bei dem oberen Kolben 5 gespeichert werden.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die Verwendung einer mechanischen Presse beschränkt. Auch hydraulische Pressen sind möglich. Im Fall einer hydraulischen Presse sollten die Bewegungsgeschwindigkeiten des oberen Kolbens 5 und des unteren Kolbens 35 so gesteuert werden, daß die Geschwindigkeit ein konstantes Verhältnis zu den jeweiligen Geschwindigkeiten des ersten und des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 aufweist.

Diese Vorgänge können auch beispielsweise durch eine Kombination aus der Positionsdetektoreinrichtung 71, zum Beispiel eines Linearsensors, des Rechners 70 und des hydraulischen Servoventils 79 gemäß Fig. 19 durchgeführt werden. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf hydraulische Servoventile beschränkt. Man kann auch andere Ventile einsetzen, zum Beispiel ein analoges oder digitales Proportional-Steuerventil.

Sollwerte für die erste und die zweite Stempelplatte 31 und 32 sind für jeden Schritt vorab in den Rechner eingegeben. Momentane Positionen werden von einer Positionsdetektoreinrichtung erfaßt, und die Information über diese Stellungen werden rückgekoppelt. Die Steuer-Sollwerte werden mit den erfaßten Werte verglichen und das hydraulische Servoventil 79 wird über eine Servosteuerung 78 betätigt, um den ersten und den zweiten Hydraulikzylinder 40 und 50 gesteuert anzutreiben. Das Servoventil 79 wird von verschiedenen Hydraulikwellen 77 mit Hydraulikdruck gespeist.

Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel werden von dem Zeitpunkt an, zu dem der obere Kolben sinkt und die Bodenfläche des oberen Stempels die Oberseite der Metallform erreicht oder geringfügig in sie eindringt, d. h. wenn der Preßvorgang beginnt, die Metallform und die unteren Stempel mit einer Geschwindigkeit nach unten bewegt, die proportional zu der Sinkgeschwindigkeit des oberen Kolbens ist, so daß jeder abgestufte Abschnitt des Formteils gepreßt wird. Es benötigt jedoch lange Zeit, bis die Form und die unteren Stempel sich mit einer Geschwindigkeit proportional zur Bewegungsgeschwindigkeit des oberen Stempelteils bewegen, wenn sie mit dem Absenkvorgang beginnen, wenn die Bodenfläche des oberen Formteils die Oberseite der Form erreicht hat und der Preßvorgang beginnt. Es erfolgt also eine zeitliche Verzögerung, innerhalb der die genannten Teile sich nicht mit der gleichen Geschwindigkeit, sondern nur angenähert gleich schnell bewegen. Demzufolge weicht die jedem



Preßvorgang entsprechende tatsächlich Füllhöhe von der berechneten Füllhöhe ab, so daß das Einfüllen des Pulvers fein eingestellt werden muß.

Um die ideale Bewegung von dem Zeitpunkt des Beginns des Preßvorgangs an zu realisieren und zu erreichen, daß sich der obere Stempelteil, die unteren Stempel und die Form miteinander in Einklang bewegen, wird vorzugsweise der obere Stempelteil vorübergehend angehalten, wenn der Preßvorgang begonnen wird, und jeder Stempel sowie die Form werden gleichzeitig mit vorbestimmter Beschleunigung und Geschwindigkeit angetrieben, nachdem der obere Stempelteil angehalten wurde.

Fig. 20 zeigt eine grafische Darstellung eines Hubdiagramms für den Fall, daß der obere Stempelteil 4 vorübergehend während des Formprozesses gemäß Fig. 1 angehalten wird, wenn der Preßvorgang beginnt. Eine vorbestimmte Beschleunigung, die Geschwindigkeit und die Strecke der Abwärtsbewegung von dem oberen Totpunkt werden für den oberen Stempelteil 4 spezifiziert, wenn dessen vorderes Ende die Matrizenoberfläche 1a erreicht hat, oder wenn er geringfügig in das Matrizenloch 2 eintritt und die Öffnung des Matrizenlochs 2 gefüllt ist, d. h. wenn der Preßvorgang begonnen wird. Mit Beginn des Preßvorgangs wird der obere Stempelteil 4 für eine so kurze Zeit wie möglich gehalten (siehe Fig. 20a).

Dann werden der obere Stempelteil 4, die Matrize 1, der erste und der zweite untere Stempel 11 bzw. 12 gleichzeitig um einen vorbestimmten Betrag proportional der oben angegebenen Beschleunigung, Geschwindigkeit und Entfernung der Abwärtsbewegung des oberen Stempelteils 4 nach unten bewegt (siehe Fig. 20b). Dann erfolgt der eigentliche Preßvorgang (siehe Fig. 20c). Wie dargestellt, werden die Bewegungsgeschwindigkeit des oberen Stempelteils 4, der Matrize 1 und des ersten, des zweiten und des dritten unteren Stempels 11, 12 und 13 in der Praxis geändert, und Beschleunigung, Geschwindigkeit und Hub der Abwärtsbewegung werden in der gleichen Weise spezifiziert, wie es oben erläutert wurde. Der obere Stempelteil 4 geht nach oben, und die Matrize 1, der erste, der zweite und der dritte untere Stempel sinken (siehe Fig. 20f, g und h). Wenn dieser Rückzug abgeschlossen ist (siehe Fig. 20i), wird Pulver gleichzeitig mit dem Herausnehmen des Formprodukts von einem nicht dargestellten Förderer in die Form eingegeben (siehe Fig. 20j). Fig. 21 ist eine grafische Darstellung, die ein Hubdiagramm für den Fall darstellt, bei dem der obere Formteil 4 vorübergehend angehalten wird, wenn der Preßvorgang während des gesamten in Fig. 3 dargestellten Ablaufs begonnen wird. Der obere Stempelteil 4 geht nach unten, und wenn er die Oberseite der Matrize 1A erreicht hat, hält er für eine bestimmte Zeitspanne an (siehe Fig. 21A). Anschließend wird der obere Stempelteil 4 mit vorbestimmter Geschwindigkeit und bestimmter Beschleunigung sowie ein bestimmtes Stück weit nach unten bewegt, und der zweite untere Stempel 12' wird um ein vorbestimmtes Verhältnis bezüglich Geschwindigkeit, Beschleunigung und Hub der Abwärtsbewegung des oberen Stempelteils 4 nach oben bewegt (siehe (b)). Dann erfolgt der Kompressionsschritt (siehe (c)).

Beschleunigung, Geschwindigkeit und Hub der Abwärtsbewegung werden genauso festgelegt, wie es oben beschrieben wurde. Der obere Stempelteil 4 geht nach oben, und die Matrize 1 sowie der erste und der zweite untere Stempel 11' und 12' gehen nach oben (siehe (f)). Wenn der Rückzug abgeschlossen ist, (siehe (i)), wird

Pulver in die Form eingegeben, gleichzeitig mit der Herausnahme des Formteils von einem nicht dargestellten Förderer (siehe (j)).

Fig. 21 ist eine grafische Darstellung eines Hubdiagramms für den Fall, daß der obere Stempelteil 4 vorübergehend während des Prozesses gemäß Fig. 4 angehalten wird, wenn der Preßvorgang beginnt. Der obere Stempelteil 4 geht nach unten, und wenn er die Oberseite der Matrize 1A erreicht hat, oder wenn er etwas in das Matrizenloch 2 eintritt und die Öffnung des Formlochs 2 gefüllt ist, d. h., wenn der Preßvorgang beginnt, hält er für eine vorbestimmte Zeitspanne an (siehe Fig. 22a). Danach wird der obere Stempelteil 4 mit vorbestimmter Geschwindigkeit und Beschleunigung um ein vorbestimmtes Stück nach unten bewegt und die Matrize 1 wird mit einem vorbestimmten Verhältnis bezüglich der Geschwindigkeit, Beschleunigung und bezüglich des Hubs der Abwärtsbewegung des oberen Stempelteils 4 nach unten bewegt (siehe b dieser Figur). Dann erfolgt der Preßschritt gemäß c) dieser Figur.

Die Beschleunigung, die Geschwindigkeit und der Hub der Abwärtsbewegung werden in der oben geschilderten Weise spezifiziert. Der obere Stempelteil 4 geht nach oben und die Matrize 1 geht nach unten (siehe f) dieser Figur). Wenn der Rückzug beendet ist (siehe i) dieser Figur), wird Pulver in die Metallform eingegeben, gleichzeitig mit der Entnahme des Formteils durch einen nicht dargestellten Förderer (siehe j) dieser Figur).

Wie in Fig. 23 gezeigt ist, sind zum vorübergehenden Anhalten des oberen Stempelteils 4 beispielsweise ein dritter und ein vierter Hydraulikzylinder 5A und 35A zum Antreiben des oberen Kolbens 5 bzw. des unteren Kolbens 35 zusätzlich zum ersten und zum zweiten Hydraulikzylinder 40, 50 vorgesehen. Weiterhin dienen Positionsdetektoreinrichtungen 71A, 71B, 71C und 71D, zum Beispiel in Form einer Linearsensors ausgebildet, zum Erfassen des Steuerhubs durch den ersten bis vierten Hydraulikzylinder 40, 50, 5A und 35A, den Rechner 72, Servosteuerungen 78A, 78B, 78C und 78D, hydraulische Servoventile 79A, 79B, 79C und 79D und hydraulische Druckschaltungen 77A, 77B, 77C und 77D.

Vorab werden in den Rechner 70 Ziel- oder Sollwerte für die Matrize 1, den oberen Stempelteil 4 und die erste und die zweite Stempelplatte 31 bzw. 32 für jeden Prozeß eingegeben. Tatsächlich Stellungen werden erfaßt durch die Detektoren 71A, 71B, 71C und 71D, und die Information über diese Positionen wird zurückgeführt, um die Sollwerte mit den festgestellten Istwerten zu vergleichen. Die hydraulischen Servoventile 79A, 79B, 79C und 79D werden auf der Grundlage des genannten Vergleichs über die Servosteuerungen 78A, 78B, 78C und 78D gesteuert, um den ersten bis vierten Hydraulikzylinder 40, 50, 5A und 35A anzutreiben und zu steuern. Hydraulikdruck wird den hydraulischen Servoventilen 79A, 79B, 79C und 79D von hydraulischen Druckschaltungen 77A, 77B, 77C bzw. 77D zugeführt.

Die Bewegungsgeschwindigkeiten des ersten bis vierten Hydraulikzylinders 40, 50, 5A und 35A, die in dem Speicher des Rechners 70 gespeichert sind, sind nicht auf konstante Werte beschränkt. Die Geschwindigkeiten werden so festgelegt, daß sich ein konstantes Verhältnis bezüglich der Geschwindigkeit des oberen Stempelteils 4, d. h. des oberen Kolbens 5 ergibt. Wenn sich deren Geschwindigkeiten ändern, d. h., wenn diese Teile beschleunigt werden, werden die Geschwindigkeiten auf ein vorbestimmtes Verhältnis festgelegt.

Wie oben erläutert wurde, läßt sich die Preßsteuerung gemäß der Erfindung durch einen relativ einfachen



Aufbau mit Hilfe eines Verfahrens realisieren, bei dem der obere Stempelteil 4, die Matritze 1 und der erste und der zweite untere Stempel 11 bzw. 12 hydraulisch angetrieben werden, während die Geschwindigkeiten des ersten bis vierten Hydraulikzylinders 40, 50, 5A und 35A proportional derart gesteuert werden, daß sie ein konstantes Verhältnis bezüglich der Geschwindigkeit des oberen Stempelteils 4 aufweisen.

Die Durchbiegung des Pfostens 60 und der ersten bis vierten Hydraulikzylinder 40, 50, 5A und 35A wird mit Hilfe eines geschlossenen Regelkreises geregelt, wobei die Stellungen der Stempelplatten 31 und 32, der Matritze 1 und des oberen Stempelteils 4 von den Positionsdetektoreinrichtungen 71A, 71B, 71C und 71D erfaßt und die Information über diese Positionen zurückgeführt wird. Damit lassen sich durch Durchbiegen dieser Teile verursachte Einflüsse eliminieren.

Fig. 24 zeigt eine modifizierte Version der in Fig. 7 dargestellten Presse. Obschon der erste und der zweite Stempeladapter 21 und 22 und die Stangen 43 und 53 des ersten und des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 an der ersten und der zweiten Stempelplatte 31 bzw. 32 gemäß Fig. 7 befestigt sind, da die Lasten von dem ersten und dem zweiten unteren Stempel 11 und 12 direkt von den Stangen 43 und 53 des ersten bzw. des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 aufgenommen werden, haben die erste und die zweite Stempelplatte 31 und 32 nicht die Funktion, während des Zusammenpressens des Pulvers Lasten aufzunehmen. Stattdessen verhindern sie lediglich die Drehung des ersten und des zweiten Stempeladapters 21 und 22. Das in Fig. 24 dargestellte Beispiel der Presse ist nicht mit der ersten und der zweiten Stempelplatte 31 und 32 ausgestattet, und die Stangen 43 und 53 des ersten und des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 sind direkt mit dem ersten bzw. dem zweiten Stempeladapter 21 und 22 verbunden. Um bei dieser Ausführungsform die Drehung der Presse zu unterbinden, sind eine erste und eine zweite Verriegelungsplatte 31' und 32' an den hohlen Führungswellen 45 und 55 des ersten und des zweiten Hydraulikzylinders 40 und 50 montiert. Wenn ein Mechanismus zum Verriegeln oder Sperren der Stangen 43 und 53 mit lediglich dem ersten und dem zweiten Hydraulikzylinder 40 und 50 vorgesehen ist, werden die erste und die zweite Verriegelungsplatte 31' und 32' nicht mehr benötigt, und eine solche Konstruktion der Presse kann also noch weiter vereinfacht sein.

Obschon bei den speziellen, in den Fig. 7 und 24 dargestellten Beispielen der erste und der zweite Hydraulikzylinder 40 bzw. 50 als Doppelwellen-Typ ausgebildet sind, ist es möglich, nicht die Führungswellen 45 und 55 vorzusehen, wie in Fig. 25 dargestellt ist.

Wenngleich bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel die Stempeladapter und die Stempel getrennt voneinander sind, können sie auch einstückig ausgebildet sein, so daß jeder Stempel direkt mit einem der Hydraulikzylinder verbunden ist, wie in Fig. 7 gezeigt ist. Eine Metallform kann direkt an der Presse ohne Werkzeuge montiert werden.

Obschon bei dem oben erläuterten Ausführungsbeispiel ein Fall erläutert wurde, bei dem Hydraulikzylinder als Fluiddruckzylinder eingesetzt werden, ist die Erfindung nicht auf die Verwendung von Hydraulik begrenzt. Andere Arten von Fluiddruck, zum Beispiel Wasserdruck, oder aber auch pneumatischer Druck, wie zum Beispiel Luftdruck, können als Betriebsfluid verwendet werden.

Die Fig. 7, 24 und 25 zeigen lediglich Beispiele, das

erfindungsgemäß Steuerverfahren kann realisiert werden durch die Ausgestaltung einer Pulverformpresse gemäß dem Stand der Technik, wie in Fig. 26 gezeigt ist, und das Verfahren kann auch mit Hilfe anderer Pulverformpressen realisiert werden, deren Aufbau von den oben beschriebenen Beispielen abweicht.

Da im Gegensatz zum Stand der Technik eine Bewegungsgeschwindigkeit, mit der jeder abgestufte Abschnitt eines stufenförmigen Formteils gepreßt wird, derart gesteuert wird, daß sie das gleiche Verhältnis aufweist wie das Verhältnis der zusammengepreßten Abmessungen jedes fertigen abgestuften Abschnitts, ist das Ausmaß der Pressung in jedem abgestuften Abschnitt zu jeder Zeit während des Preßvorgangs das gleiche, so daß verhindert wird, daß sich Pulver zwischen den abgestuften Abschnitten aufgrund von Unterschieden in der Kompression bei jedem abgestuften Abschnitt bewegt. Demzufolge wird erfindungsgemäß jeder abgestufte Abschnitt gleichförmig gepreßt, wodurch die Bildung von Rissen unterbunden wird.

Da jeder abgestufte Abschnitt gleichmäßig gepreßt wird, läßt sich die Füllhöhe des Pulvers leicht einstellen, ohne daß irgendeine Bewegung des Pulvers berücksichtigt werden muß. Speziell dann, wenn ein oberer Stempelteil beim Beginn des Preßvorgangs vorübergehend angehalten wird und wenn danach der obere Stempelteil, der untere Stempelteil mit mehreren Stempeln und die Metallform gleichzeitig betätigt werden, so bewegen sich diese Teile mit der gleichen Geschwindigkeit.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Pulverformpresse, in der ein mehrere abgestufte Abschnitte (W1, W2 ...) aufweisendes Stufenformteil geformt wird, indem ein Pulver in einer Form (1) zusammengepreßt wird durch Bewegen eines oberen Stempelteils (4), eines unteren Stempelteils (10) und der Form (1) relativ zueinander, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Erfassen eines Geschwindigkeitsverhältnisses von Bewegungsgeschwindigkeiten des oberen und des unteren Stempelteils (4, 10) zur Zeit des Zusammendrückens der jeweiligen abgestuften Abschnitte (W1, W2 ...) des Formteils während der Zeit zwischen dem Beginn und dem Abschluß des Pressens,
- Erfassen eines Kompressionsverhältnisses von gepreßten Abmessungen der abgestuften Abschnitte des Formteils, und
- Steuern der Relativ-Bewegungsgeschwindigkeiten des oberen Stempelteils (4), des unteren Stempelteils (10) und der Form (1) derart, daß die Geschwindigkeitsverhältnisse etwa in Einklang stehen mit den Kompressionsverhältnissen der abgestuften Abschnitte des Formteils.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der untere Stempelteil (10) mehrere untere Stempel (11, 12, 13) aufweist, die relativ bezüglich des oberen Stempelteils (4) bewegbar sind, um die abgestuften Abschnitte (W1, W2 ...) des Formteils auszubilden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der obere Stempelteil (4), die unteren Stempel (10, 11, 12), und die Form (1) durch unabhängige Antriebsquellen (40, 50, 5A, 35A) angetrieben werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der obere Stempelteil (4) an einem oberen

Kolben (5) der Pulverformpresse befestigt ist, die Form (1) und der untere Stempelteil (10) mit Bewegungsgeschwindigkeiten nach unten bewegt werden, die von dem Beginn des Kompressionsvorgangs des oberen Stempelteils zum Pressen der abgestuften Abschnitte des Formteils an proportional zu einer Absenkgeschwindigkeit des oberen Kolbens (5) sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der obere Formteil (4) an einem oberen Kolben (5) der Pulverformpresse befestigt ist, und der untere Stempelteil (10) mit einer Bewegungsgeschwindigkeit nach oben bewegt wird, der von dem Beginn des Preßvorgangs des oberen Stempelteils (4) zum Pressen der abgestuften Abschnitte des Formteils an proportional zu einer Absenkgeschwindigkeit des oberen Kolbens (5) ist.

6. Vorrichtung zum Steuern einer Pulverformpresse, in der ein mehrere abgestufte Abschnitte aufweisendes Stufenformteil geformt wird, indem ein Pulver in einer Form zusammengepreßt wird durch Bewegen eines oberen Stempelteils (4), eines unteren Stempelteils (10) und der Form (1) relativ zueinander, umfassend:

- eine Einrichtung (5, 40, 50) zum Antreiben und Bewegen des oberen Stempelteils (4), des unteren Stempelteils (10) und der Form (1, 30) relativ zueinander;
- eine Einrichtung (71) zum Erfassen der Positionen des oberen Stempelteils (4), des unteren Stempelteils (10) und der Form (1, 30);
- eine Einrichtung zum Erfassen von Bewegungsgeschwindigkeiten des oberen Stempelteils (4), des unteren Stempelteils (10) und der Form (1, 30) zur Zeit des Zusammenpressens der jeweiligen abgestuften Abschnitte des Formteils während einer Kompressionszeit nach Beginn des Kompressionsvorgangs bis zum Abschluß des Kompressionsvorgangs;
- eine Einrichtung zum Erfassen eines Preßdrucks bezüglich der abgestuften Abschnitte des Formteils; und
- eine Einrichtung zum Steuern der Antriebseinrichtung zum Steuern der relativen Bewegungsgeschwindigkeiten des oberen Stempelteils, des unteren Stempelteils und der Form derart, daß Geschwindigkeitsverhältnisse des oberen und des unteren Formteils im wesentlichen in Einklang stehen mit den Kompressionsverhältnissen der komprimierten Abmessungen der jeweiligen abgestuften Abschnitte des Formteils.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der der untere Stempelteil (10) mehrere untere Stempel (11, 12, 13) aufweist, die konzentrisch zueinander vertikal angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung mehrere Antriebsquellen aufweist, um die unteren Stempel (11, 12, 13) zur Ausbildung der abgestuften Abschnitte des Formteils unabhängig voneinander anzutreiben.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der die Steuerungseinrichtung enthält: einen Berechnungsabschnitt (72) mit einer Berechnungseinheit (74) zum sukzessiven Berechnen von Positionen und Bewegungsgeschwindigkeiten der unteren Stempel (11, 12, 13) in Abhängigkeit von Signalen, die von der Posi-

tionsdetektoreinrichtung und der Geschwindigkeitsdetektoreinrichtung geliefert werden, eine Speichereinheit (75) zum Speichern von Sollwerten für die jeweiligen unteren Stempel, welche vorab berechnet werden nach Maßgabe der Abmessungen der abgestuften Abschnitte des Formteils und Pulver-Füllhöhen der abgestuften Abschnitte, und eine Vergleichereinheit (76) zum Vergleichen der Sollgeschwindigkeiten mit den berechneten Geschwindigkeiten, wobei das Vergleichsergebnis zu der Antriebseinrichtung geliefert wird, um eine durch den Vergleich ermittelte Differenz zu kompensieren.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 9, bei der die Antriebseinrichtung hydraulisch betätigte Antriebsmittel enthält.

---

Hierzu 23 Seite(n) Zeichnungen

---

— Leerseite —

Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 42 03 401 A1  
B 30 B 15/16  
12. November 1992

FIG.1A FIG.1B FIG.1C FIG.1D FIG.1E

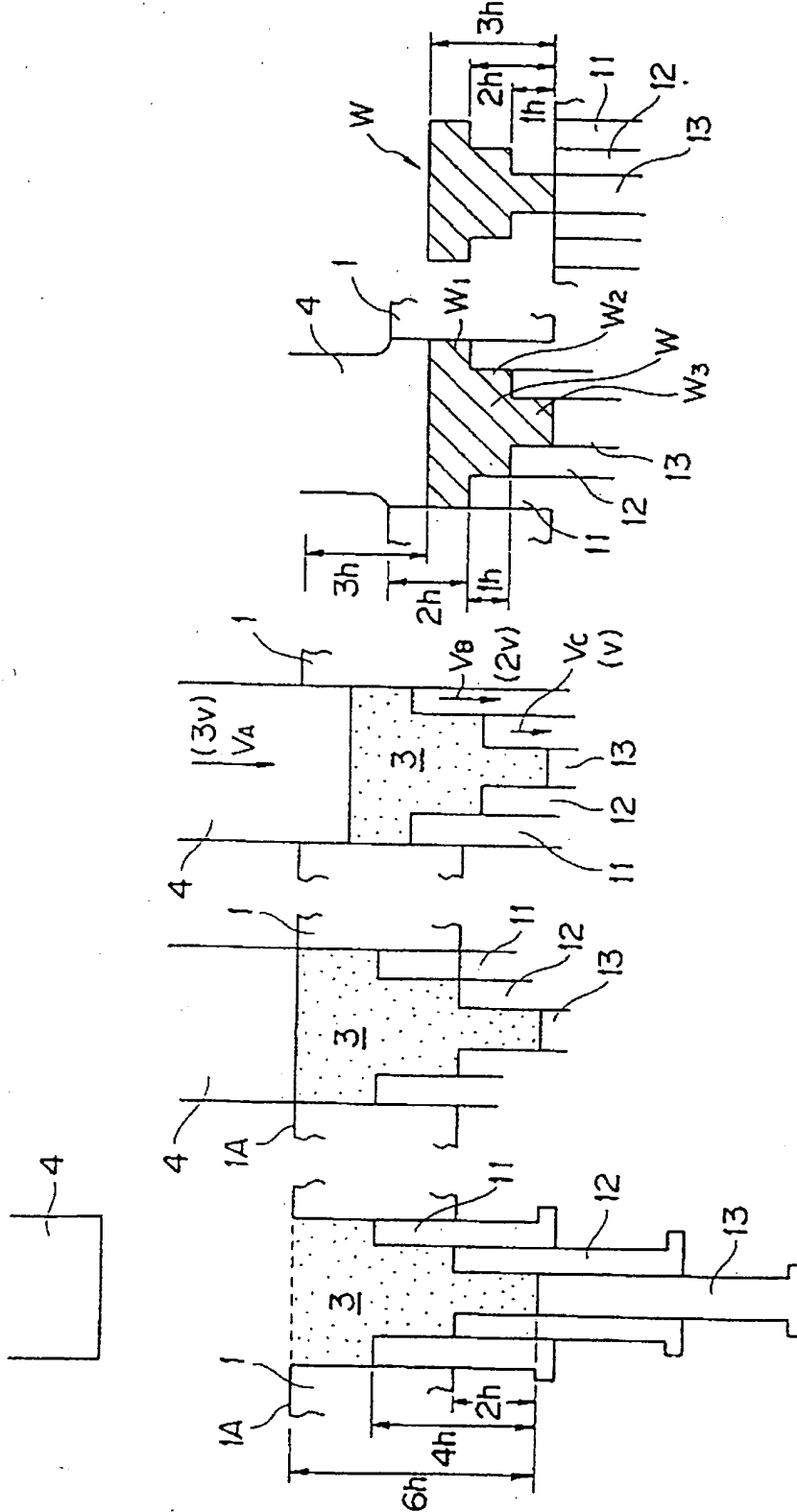


FIG. 2A

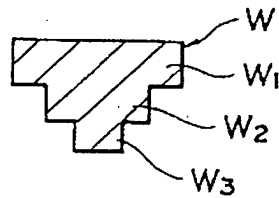


FIG. 2B

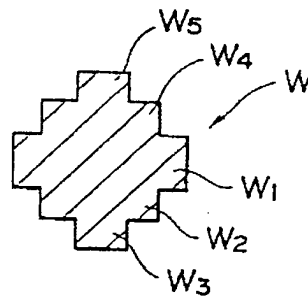


FIG. 2C

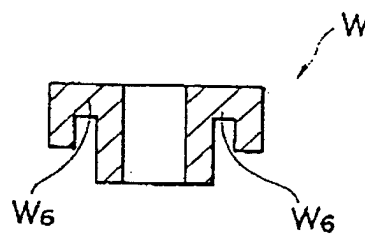


FIG. 3A FIG. 3B FIG. 3C

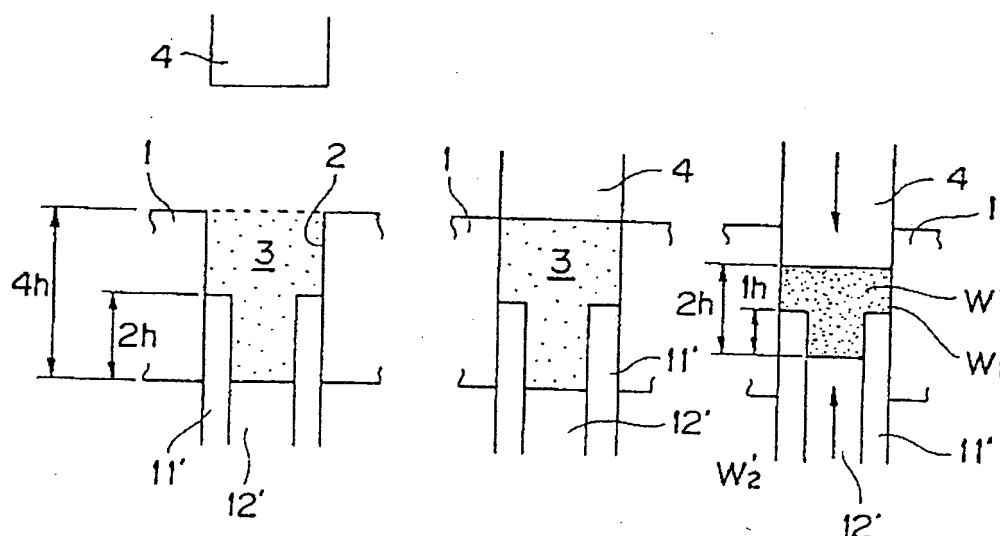


FIG. 3D

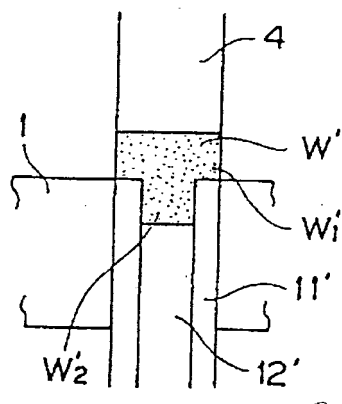


FIG. 3E

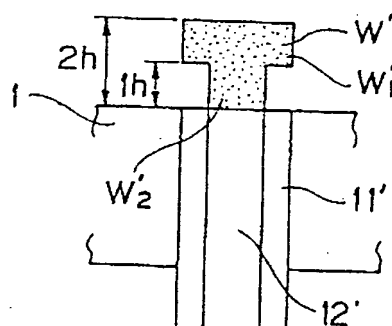


FIG.4A FIG.4B FIG.4C

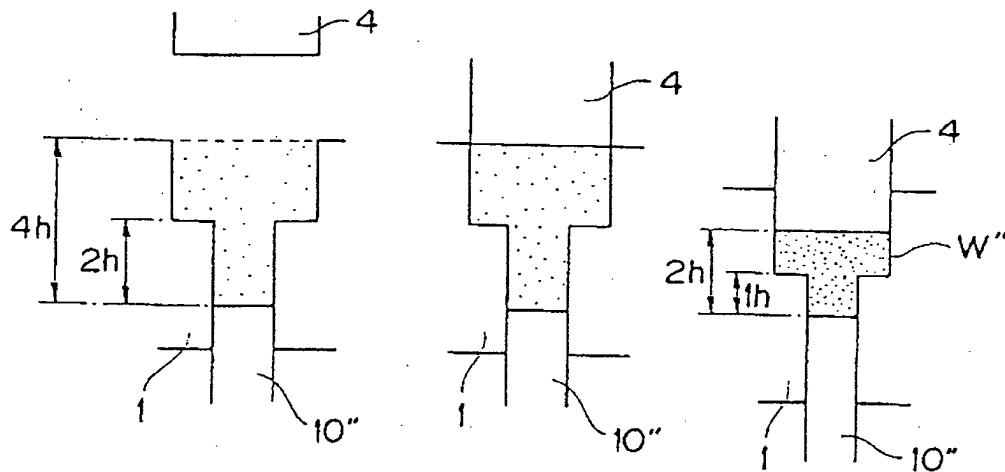




FIG. 5

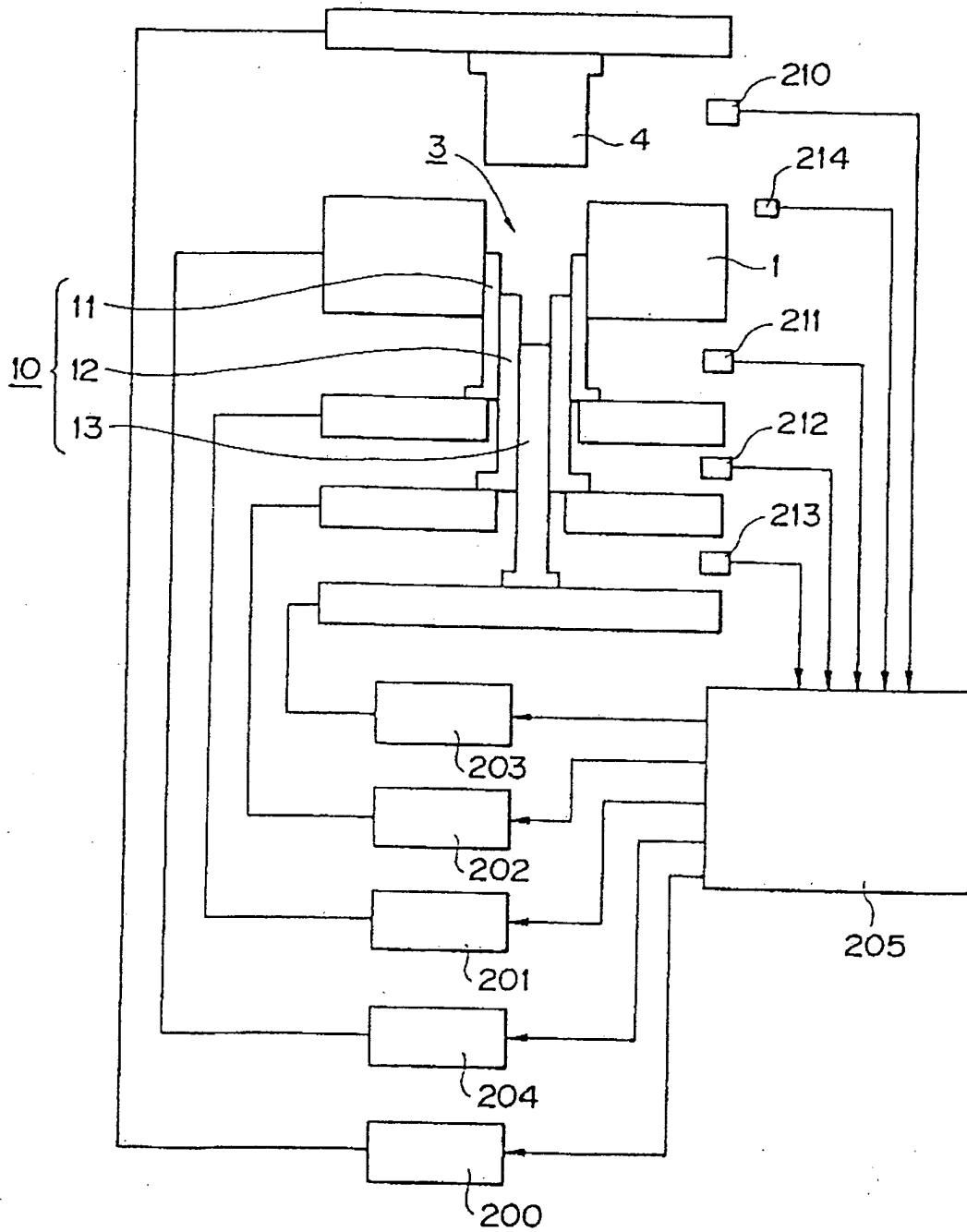


FIG. 6A

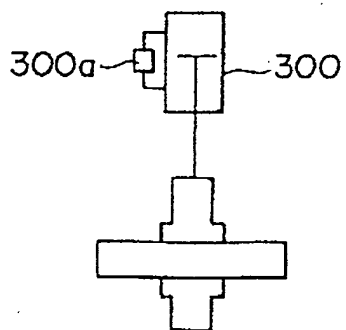


FIG. 6B

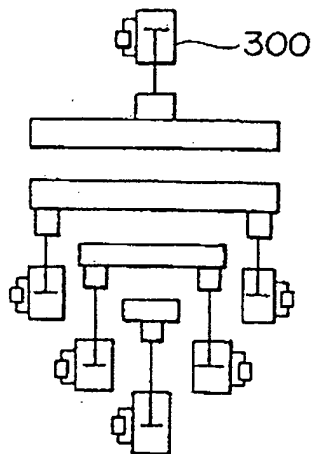


FIG. 6D

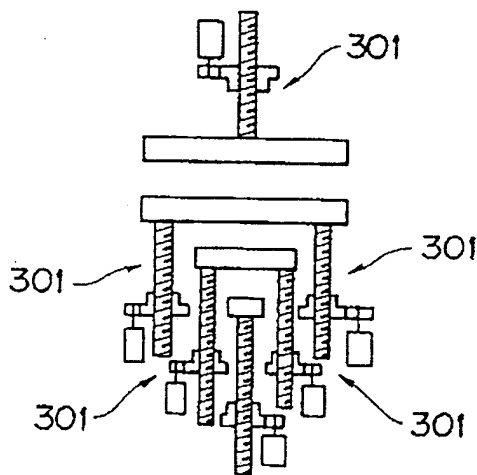


FIG. 6C

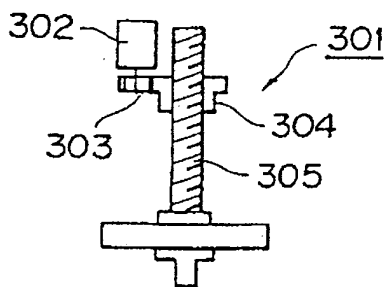


FIG. 6E

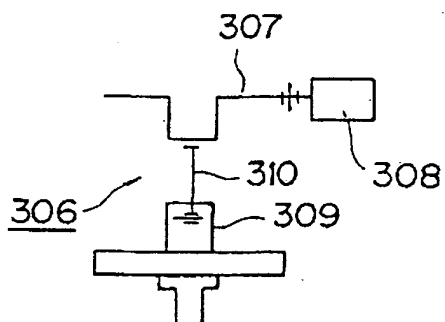


FIG. 6F

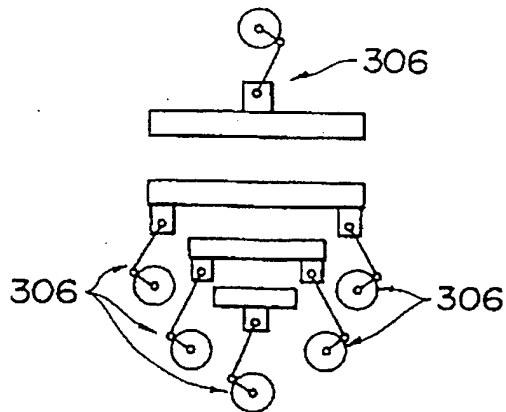


FIG. 7

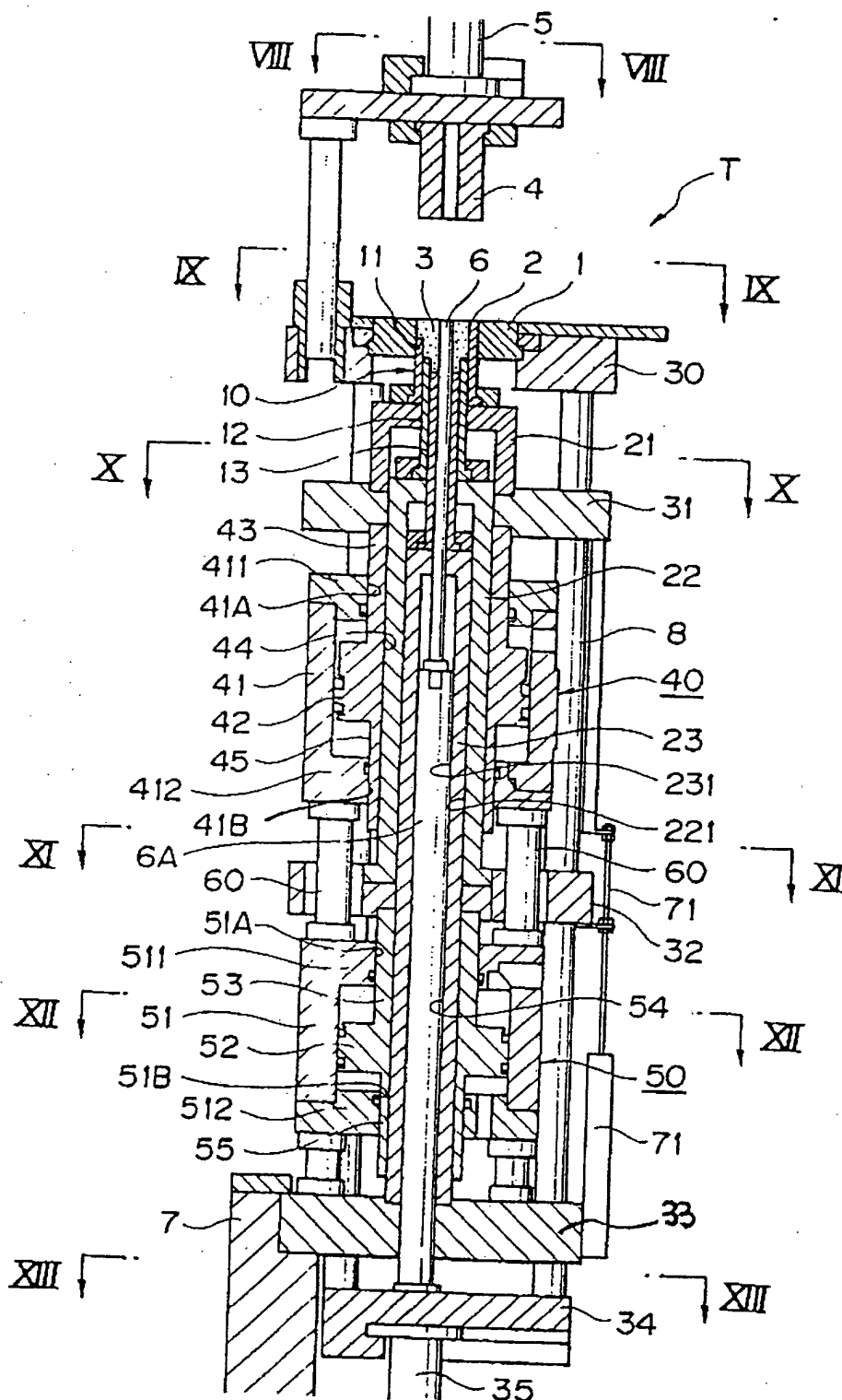


FIG. 8

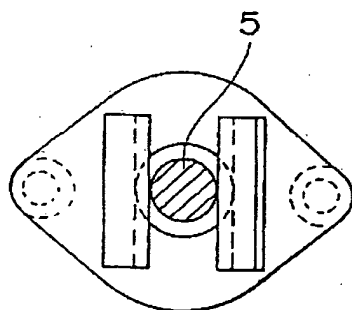


FIG. 9

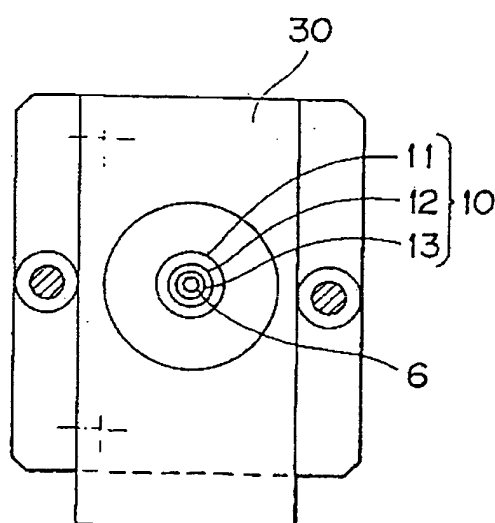


FIG. 10

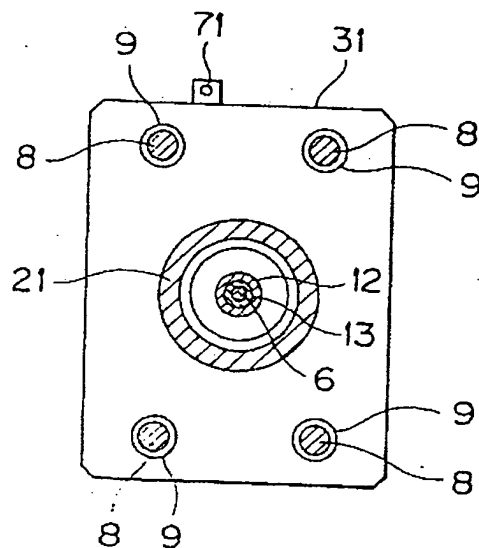


FIG. 11

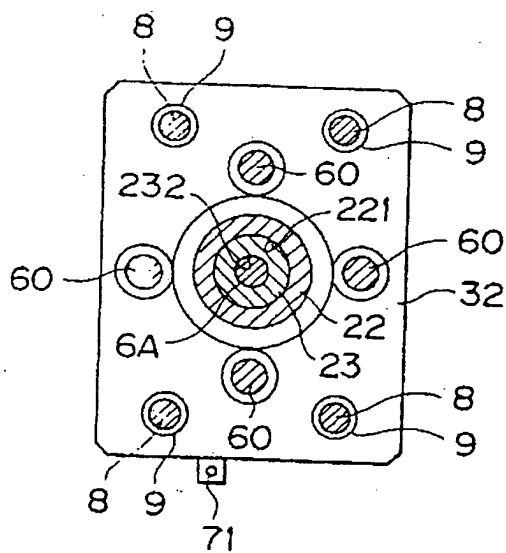


FIG.12

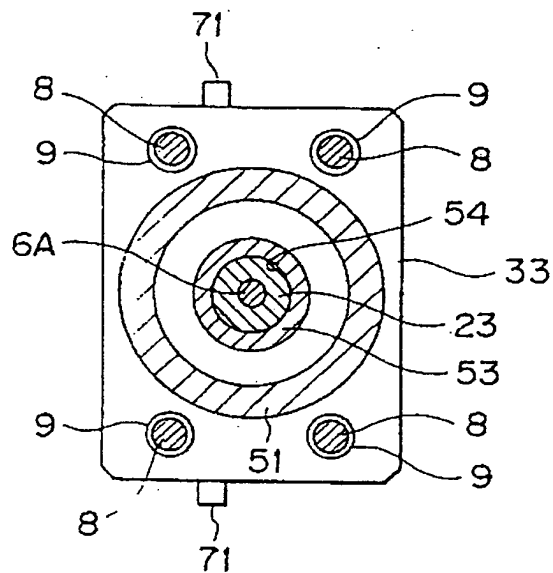
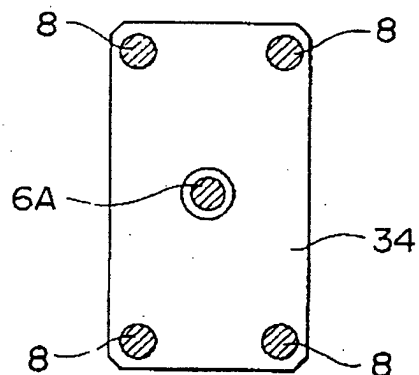


FIG.13



F I G. 14

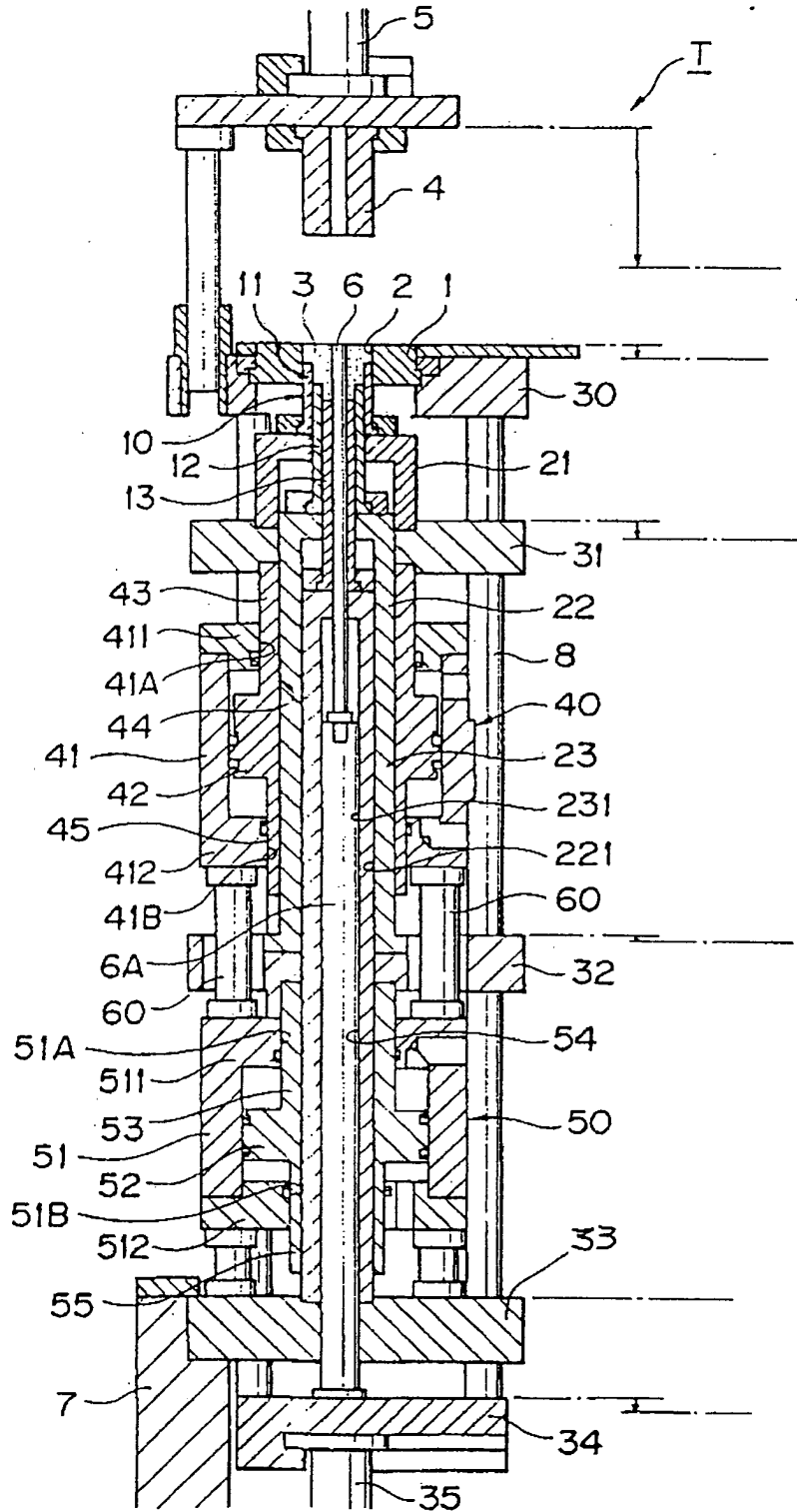




FIG. 15

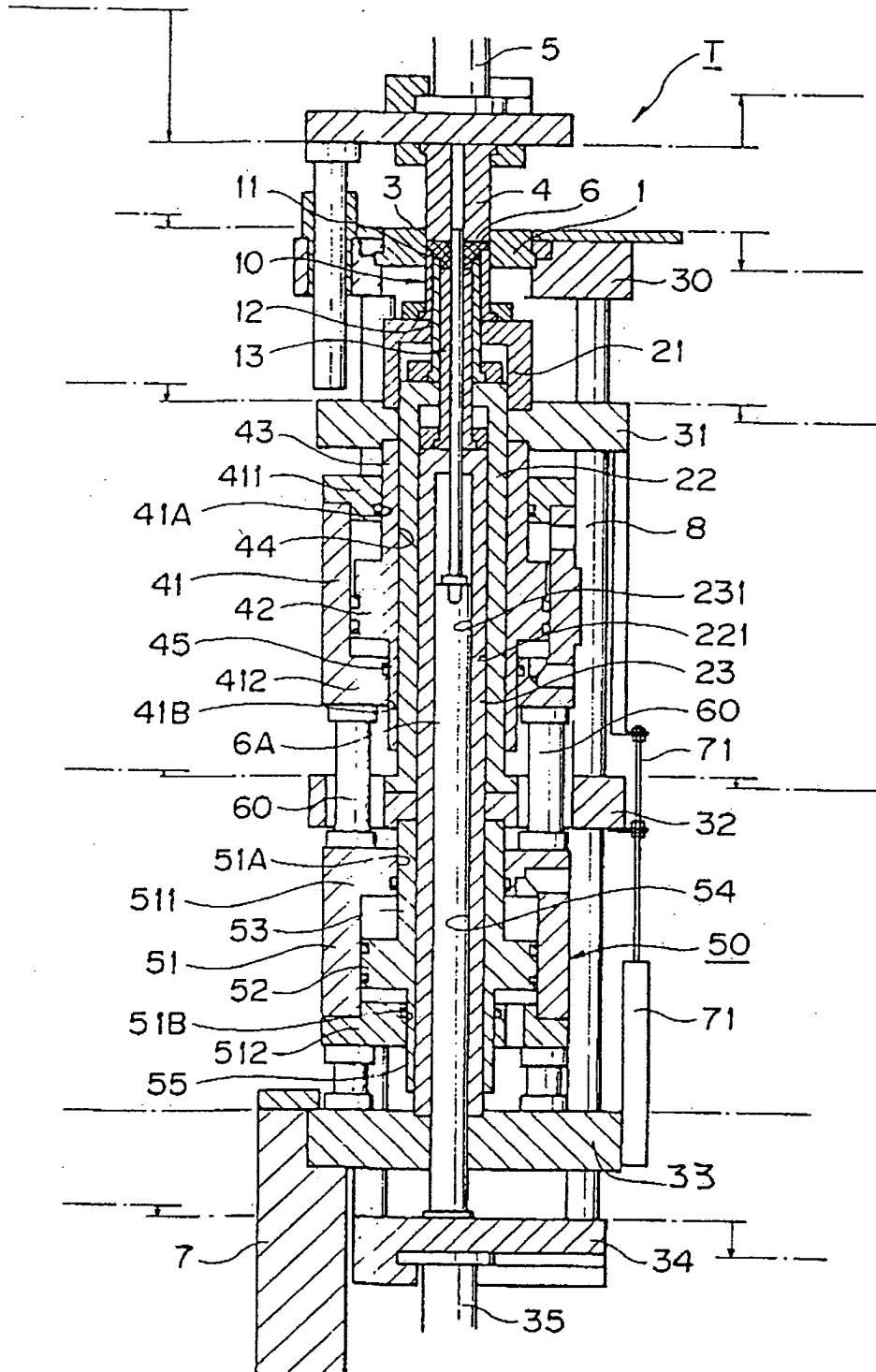




FIG.17A FIG.17B FIG.17C FIG.17D FIG.17E FIG.17F

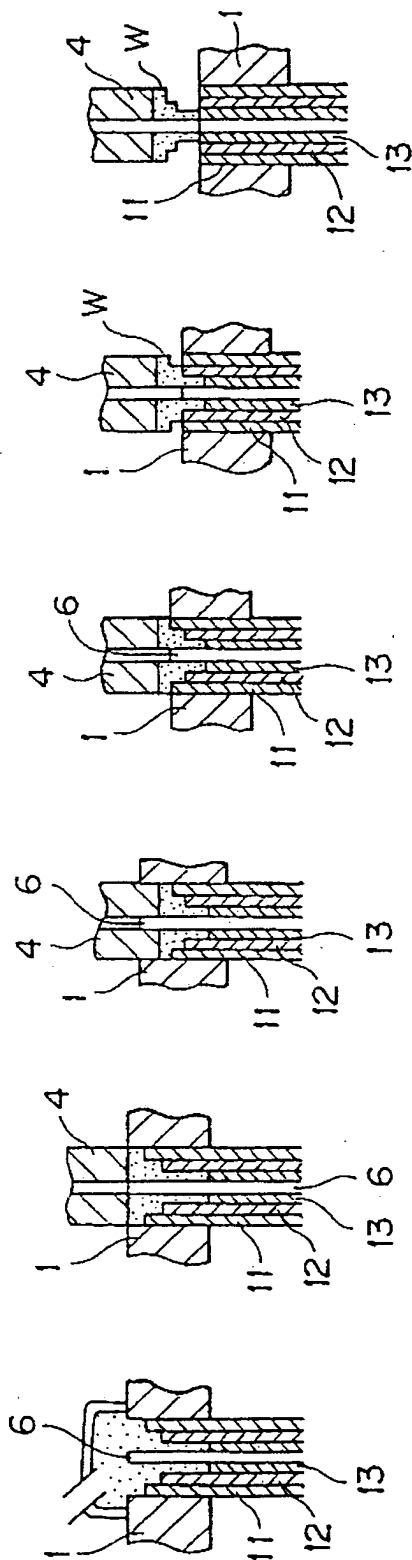


FIG. 18

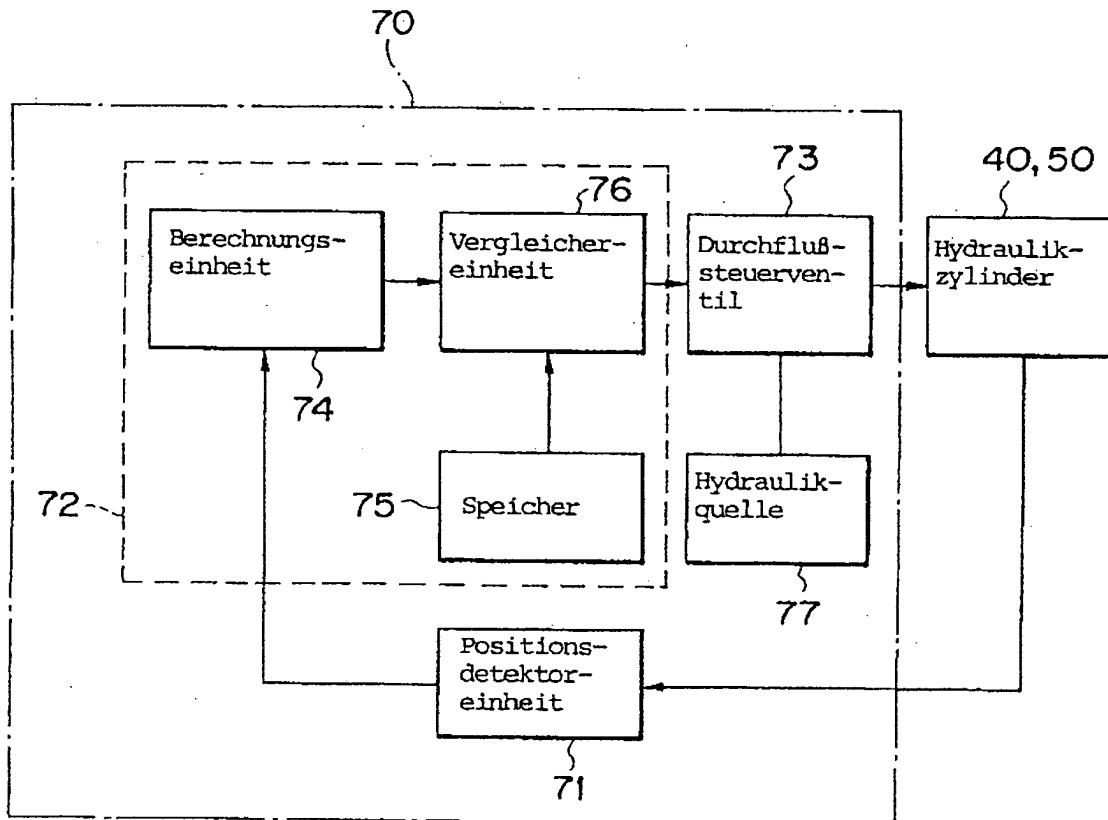


FIG. 19

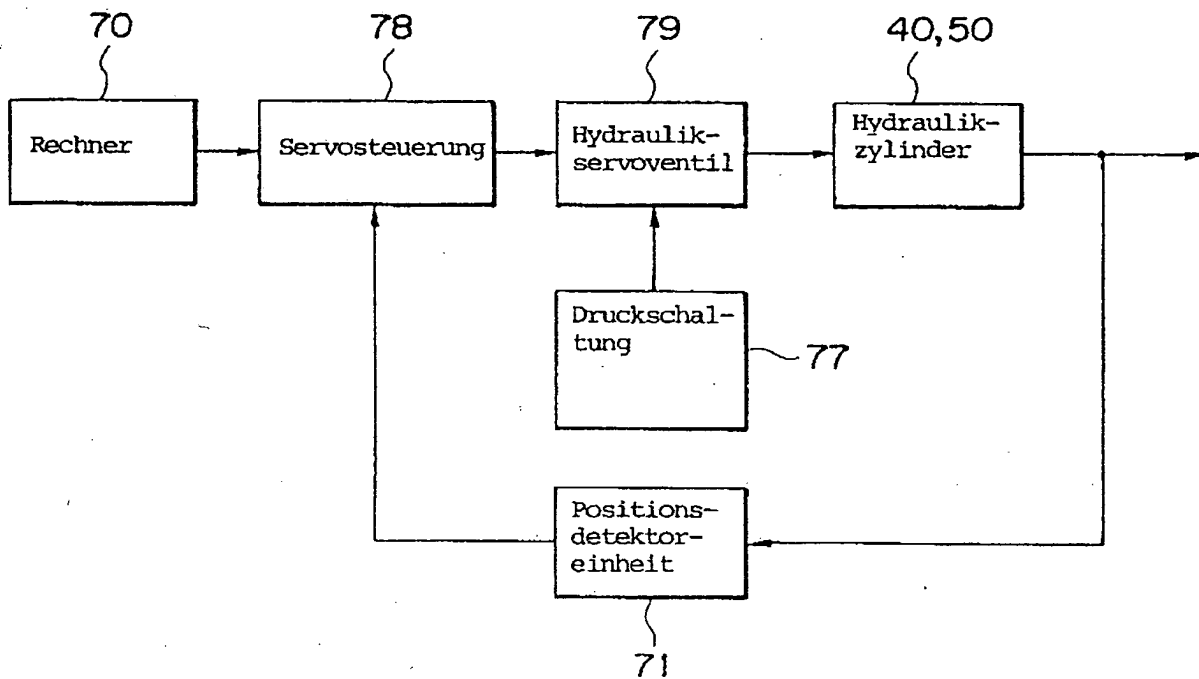
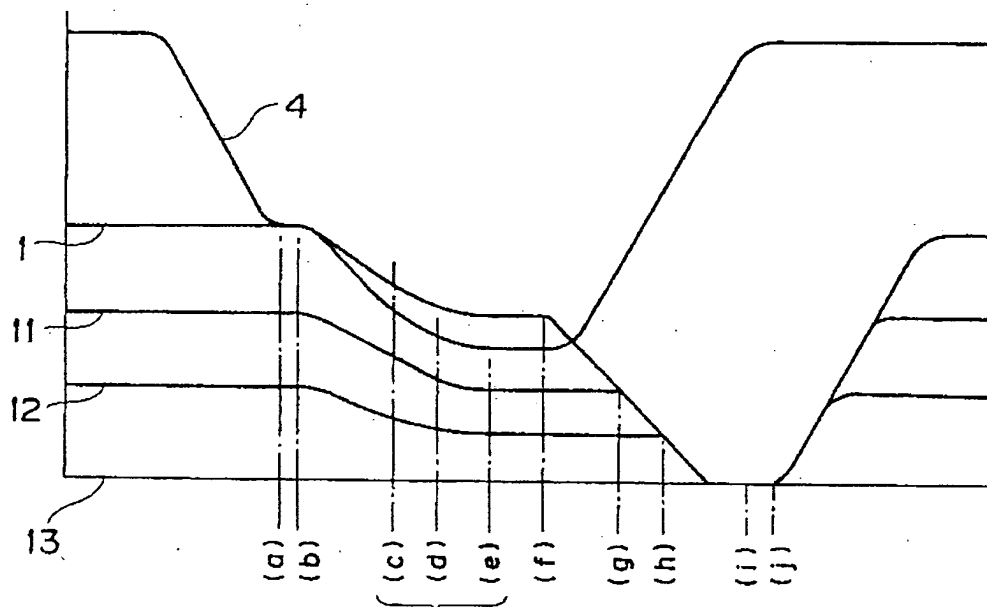


FIG. 20



Halteposition oberer Kolben  
Startposition jeder Stempelmatritze

Preßschritt

Matritzen-Rückzug

erster Rückzug  
zweiter Rückzug

Rückzug fertig  
Beginn Füllen

FIG. 21

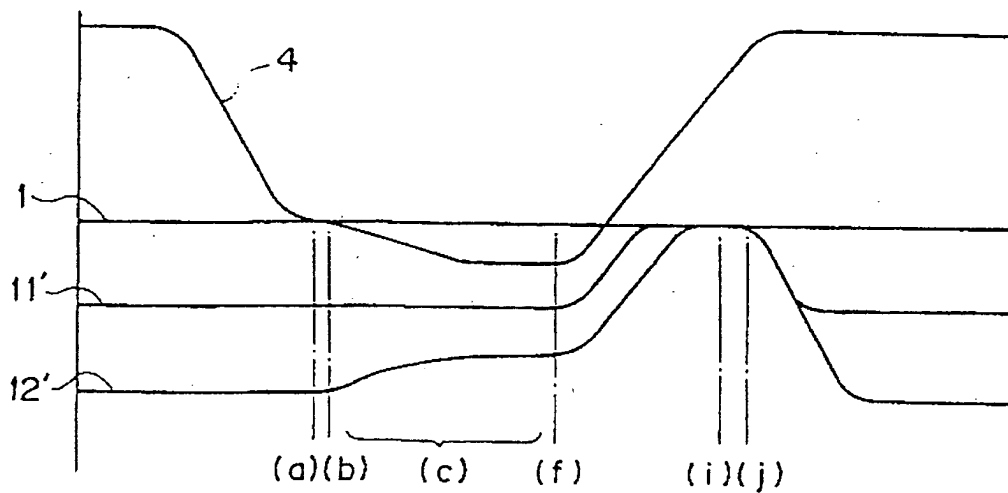


FIG. 22

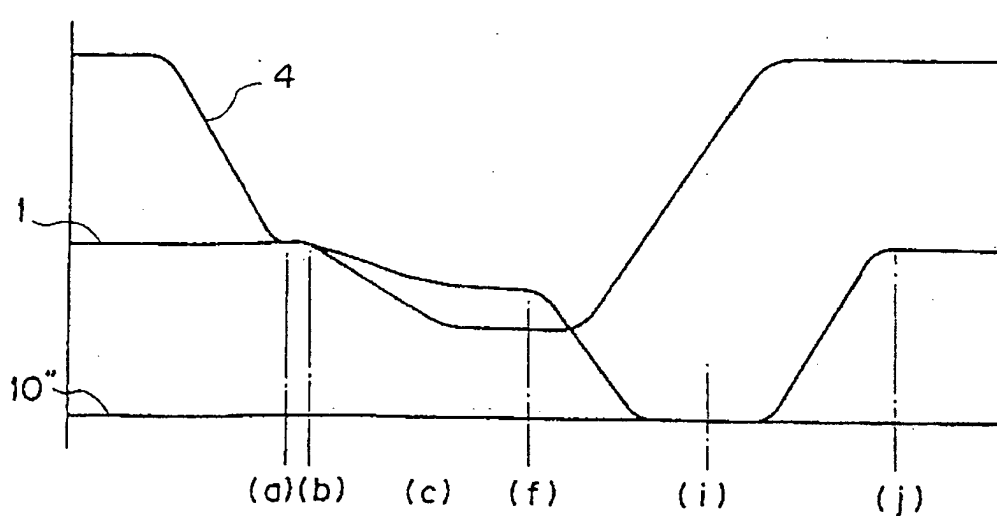




FIG. 23

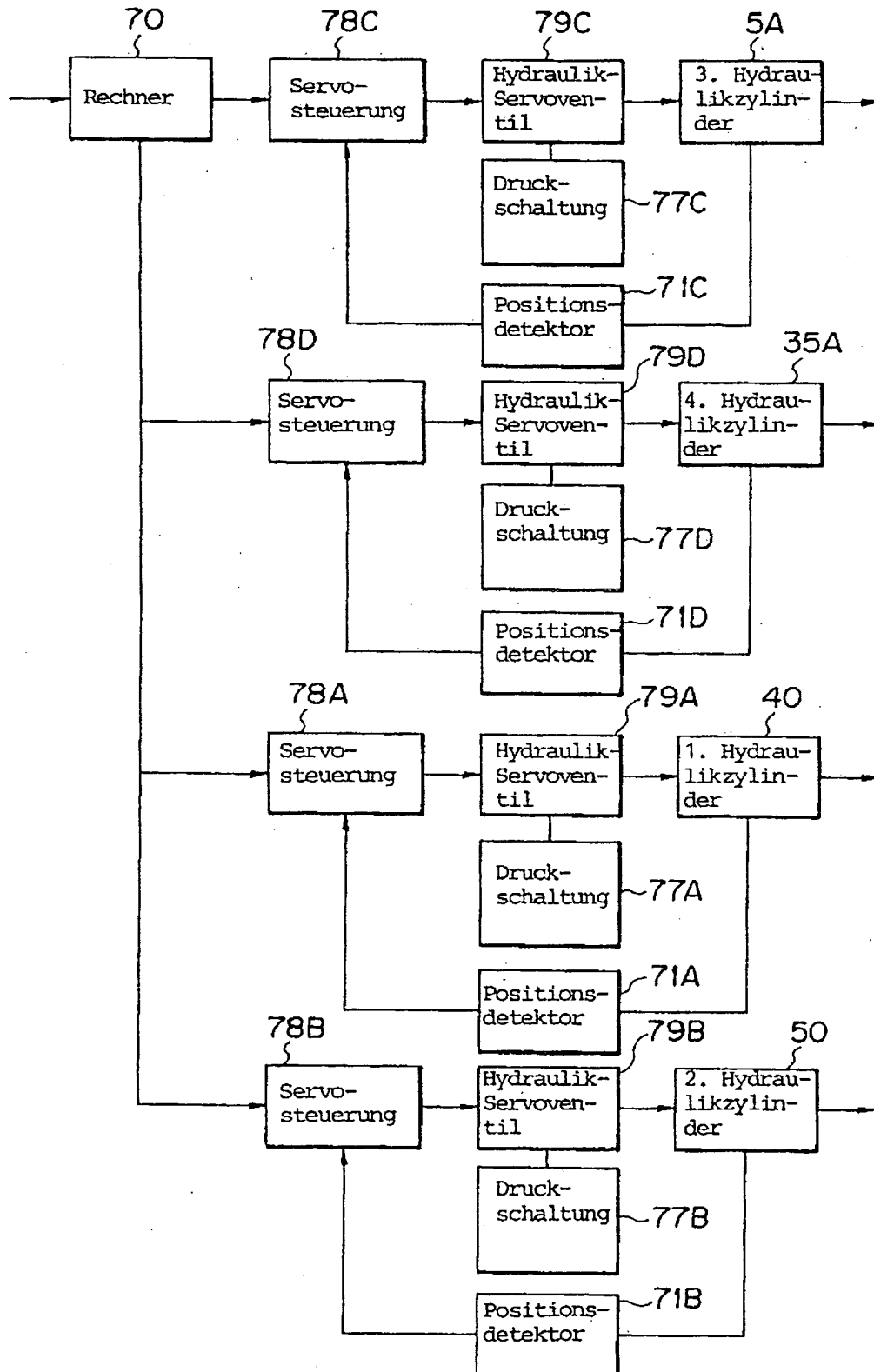


FIG. 24

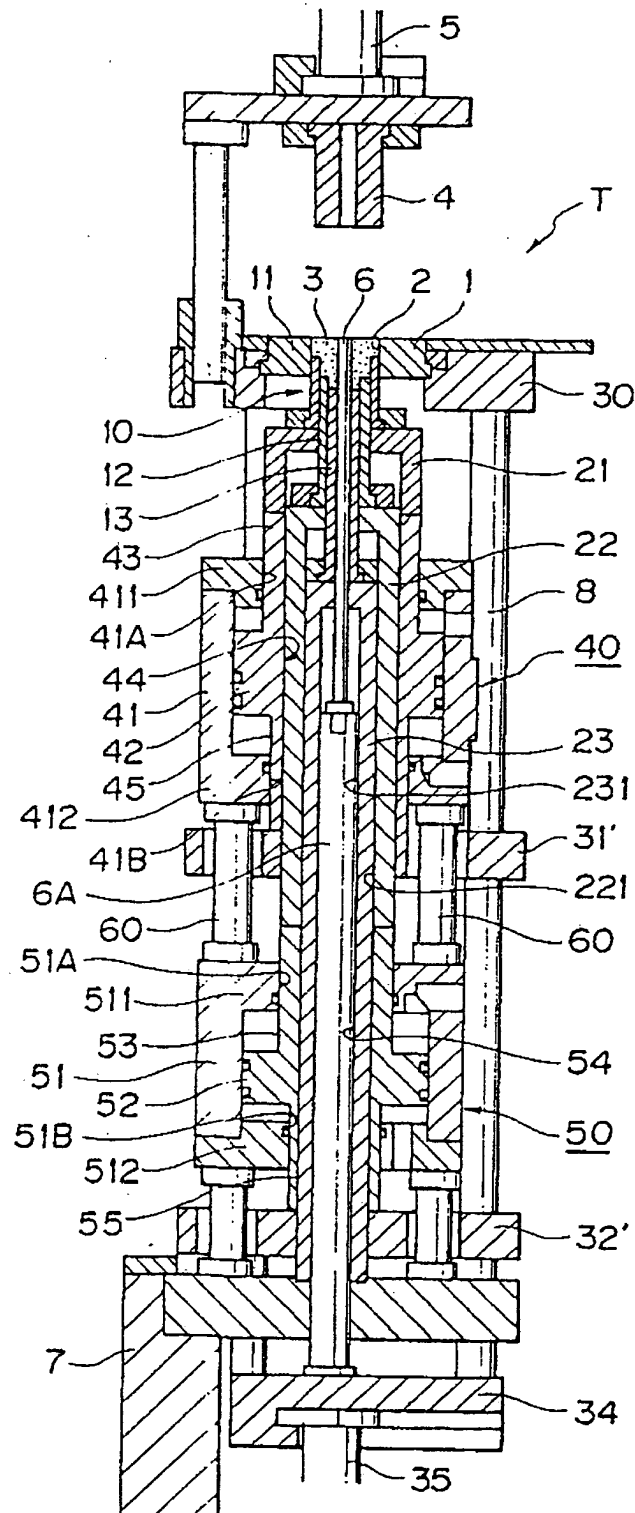


FIG. 25

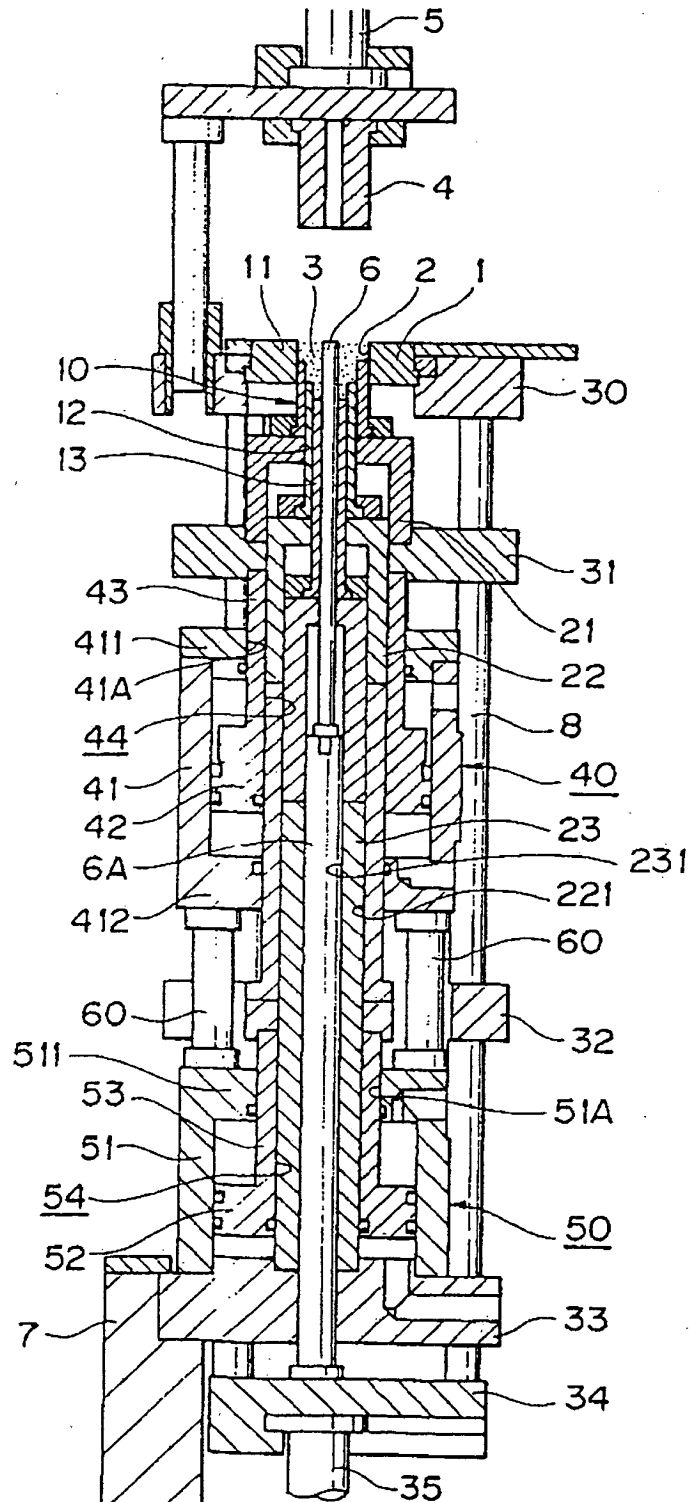
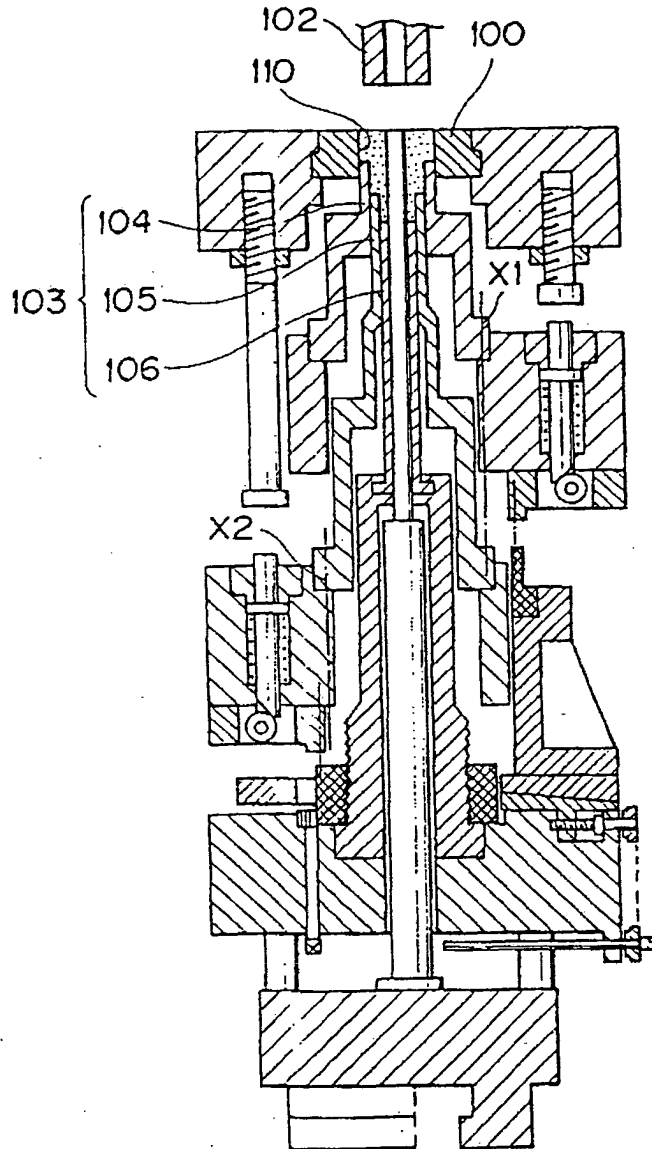


FIG. 26

PRIOR ART



Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 42 03 401 A1  
B 30 B 15/16  
12. November 1992

PRIOR ART

FIG.27A FIG.27B FIG.27C FIG.27D FIG.27E

